

(d)

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-161110

(43)Date of publication of application : 13.06.2000

(51)Int.Cl.

F02D 41/10

F02D 41/02

F02D 41/38

(21)Application number : 10-340129

(71)Applicant : MAZDA MOTOR CORP

(22)Date of filing : 30.11.1998

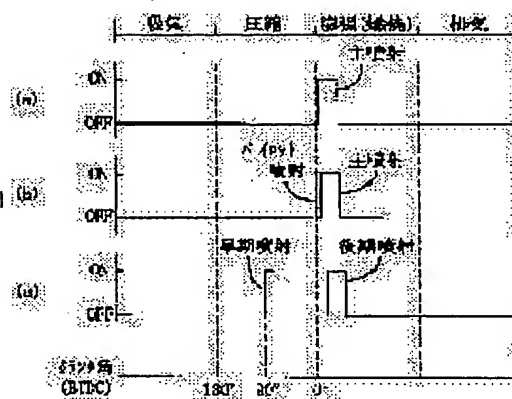
(72)Inventor : SAITO TOMOAKI
YASUTOMI KATSUAKI
HOSOYA HIDEO
ARAKI KEIJI

(54) CONTROL DEVICE FOR DIESEL ENGINE WITH TURBO-SUPERCHARGER

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To reduce turbo-lag while smoke increase in exhaust gas is suppressed to the utmost by the improvement of a burning state when the operating condition is shifted from a steady operating condition to an accelerated operating condition, in a diesel engine which is provided with a turbo-supercharger driven by exhaust gas flow and in which an air-fuel ratio A/F of a combustion chamber is indirectly controlled by adjusting the quantity of exhaust gas recirculation.

SOLUTION: When the engine is shifted from a steady operating condition to an accelerated operating condition, the quantity of exhaust recirculation is reduced with increase of the quantity of fuel injection, and the fuel injection by an injector is performed in two stages, that is, in an early time injection at a BTDC 90° CA and a later time injection at the neighborhood of a TDC. Then, the later injection timing is retarded from a main injection timing at the neighborhood of a TDC in the steady operating condition immediately before the engine is shifted to the accelerated operating condition. The early time injection can be performed in further two separated stages.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

BEST AVAILABLE COPY

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2000-161110

(P2000-161110A)

(43)公開日 平成12年6月13日(2000.6.13)

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テーマコード(参考)
F 0 2 D 41/10	3 8 5	F 0 2 D 41/10	3 8 5 3 G 3 0 1
41/02	3 8 0	41/02	3 8 0 D
			3 8 0 E
	3 8 5		3 8 5
41/38		41/38	B
審査請求 未請求 請求項の数11 O L (全 25 頁)			

(21)出願番号 特願平10-340129

(22)出願日 平成10年11月30日(1998. 11. 30)

(71)出願人 000003137

マツダ株式会社

広島県安芸郡府中町新地3番1号

(72)発明者 齊藤 智明

広島県安芸郡府中町新地3番1号 マツダ株式会社内

(72)発明者 安富 克晶

広島県安芸郡府中町新地3番1号 マツダ株式会社内

(74)代理人 100077931

弁理士 前田 弘 (外1名)

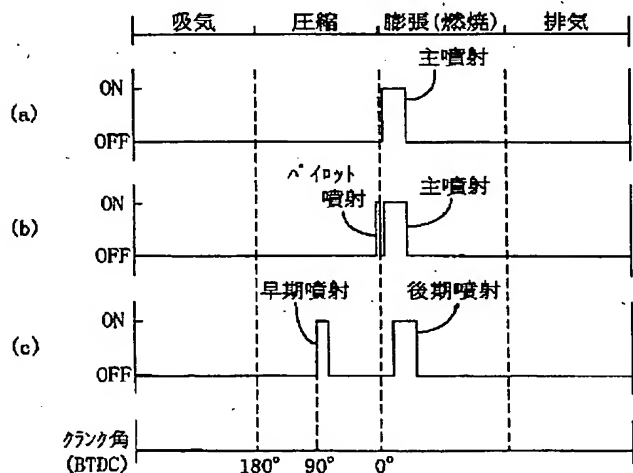
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 ターボ過給機付ディーゼルエンジンの制御装置

(57)【要約】

【課題】 排気流により駆動されるターボ過給機25を備え、排気還流量の調節により間接的に燃焼室4の空燃比A/Fを制御するようにしたディーゼルエンジン1において、運転状態が定常運転状態から加速運転状態に移行したときに、燃焼状態の改善によって排気中のスモーク増大を極力抑えながら、ターボラグの軽減を図る。

【解決手段】 エンジン1が定常運転状態から加速運転状態に移行したときに、燃料噴射量の増量に伴い排気還流量を減少させるとともに、インジェクタ5による燃料噴射をB T D C 90° C Aでの早期噴射と、T D C 近傍での後期噴射との2段階に分けて行わせ、かつ後期噴射タイミングを、エンジン1が加速運転状態に移行する直前の定常運転状態におけるT D C 近傍での主噴射タイミングよりも遅くさせる。早期噴射をさらに2回に分けて行わせるようにしてもよい。



BEST AVAILABLE COPY

【特許請求の範囲】

【請求項1】 エンジンの気筒内燃焼室に燃料を噴射する燃料噴射弁と、
エンジンの排気により吸気を過給するターボ過給機とを備え、
エンジンの加速運転状態への移行時に前記燃料噴射弁による燃料噴射量を増加させるようにしたディーゼルエンジンの制御装置において、
エンジンが加速運転状態へ移行したことを判定する加速判定手段と、
前記加速判定手段によりエンジンの加速運転状態への移行が判定されたとき、前記燃料噴射弁による燃料噴射を、気筒の圧縮行程で終了する最初の噴射と、前記加速判定直前の圧縮上死点近傍における燃料噴射よりも遅く終了する最後の噴射とを含む多段階に分けて実行させる噴射時期制御手段とが設けられていることを特徴とするターボ過給機付ディーゼルエンジンの制御装置。

【請求項2】 請求項1において、
噴射時期制御手段は、燃料噴射弁による燃料噴射を、各気筒毎の1回の燃焼サイクルにおける総燃料噴射量の1/3以上が圧縮上死点前30°CA以前の圧縮行程で早期噴射され、かつ残りの燃料が圧縮上死点近傍で一括して後期噴射されるように少なくとも2段階に分けて実行させるものであることを特徴とするターボ過給機付ディーゼルエンジンの制御装置。

【請求項3】 請求項2において、
後期噴射は気筒の膨張行程で終了することを特徴とするターボ過給機付ディーゼルエンジンの制御装置。

【請求項4】 請求項2において、
後期噴射による燃料噴射量は、加速判定直前の燃料噴射量の総量よりも多いことを特徴とするターボ過給機付ディーゼルエンジンの制御装置。

【請求項5】 請求項2において、
早期噴射は2段階に分けて行われることを特徴とするターボ過給機付ディーゼルエンジンの制御装置。

【請求項6】 請求項1又は2において、
エンジンが定常運転状態にあるときに吸気系に排気の一部を還流させる排気還流手段が設けられていることを特徴とするターボ過給機付ディーゼルエンジンの制御装置。

【請求項7】 請求項6において、
排気還流手段は、ターボ過給機のタービンよりも排気上流側の排気通路と接続エンジンの吸気系とを連通する排気還流通路を備えていることを特徴とするターボ過給機付ディーゼルエンジンの制御装置。

【請求項8】 請求項6において、
エンジンの吸気通路における吸入空気量を計測する吸気量センサと、
アクセル操作量に応じて燃料噴射弁による燃料噴射量を制御する噴射量制御手段とが設けられ、

排気還流手段は、

前記吸気通路と排気通路とを連通する排気還流通路と、
前記排気還流通路における排気の還流量を調節する排気還流量調節弁と、

前記排気還流量調節弁の開度を、前記吸気量センサにより計測された吸入空気量と燃料噴射量とに基づいて求められる燃焼室の空燃比が、エンジンの運転状態に応じて設定された目標値になるようにフィードバック制御する排気還流制御手段とを備えていることを特徴とするターボ過給機付ディーゼルエンジンの制御装置。

【請求項9】 請求項1において、
燃料を噴射圧以上の高圧状態で蓄える蓄圧室に燃料噴射弁が接続されたコモンレール式燃料噴射系を備えていることを特徴とするターボ過給機付ディーゼルエンジンの制御装置。

【請求項10】 請求項1において、
噴射時期制御手段は、エンジンが定常運転状態にあるときには、燃料噴射弁による燃料噴射を圧縮上死点近傍で一括して実行させるように構成されていることを特徴とするターボ過給機付ディーゼルエンジンの制御装置。

【請求項11】 請求項1において、
噴射時期制御手段は、エンジンが定常運転状態の低回転低負荷運転領域にあるときには、燃料噴射弁による燃料噴射を圧縮上死点近傍での主噴射とその直前のパイロット噴射とに分けて実行させるように構成されていることを特徴とするターボ過給機付ディーゼルエンジンの制御装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、ターボ過給機が装備されたディーゼルエンジンの加速運転開始時の燃料噴射制御に関する技術分野に属する。

【0002】

【従来の技術】従来より、この種のターボ過給機付ディーゼルエンジンの制御装置として、例えば特開平8-338318号公報に開示されるように、エンジンの吸気系への排気還流量を調節することによって、間接的に燃焼室の空燃比（空気過剰率）を制御するようにしたものがある。このものでは、排ガス（排気）の一部をエンジンの吸気系に還流させるEGRパイプと、アクチュエータにより作動されて前記EGRパイプ内の排ガスの還流量を調節するEGR弁とが設けられており、エアフローセンサにより検出される新気量、ブースト圧センサにより検出される吸気圧力、燃料噴射量等に基づいて燃焼室の空燃比を推定し、その推定結果に応じて前記EGR弁の開度を制御することで、燃焼室の空燃比を、排ガス中のNOx低減及びスモーク低減を両立できるような適切な状態に制御するようにしている。

【0003】すなわち、前記従来例のものでは、新気量、吸気圧力及び燃料噴射量等に基づいて、正確かつ迅速

速に空燃比を推定できるので、この推定結果に応じてEGR弁の作動制御を行うことで、例えば車両の発進時のようにエンジンの運転状態が急変するときでも、その変化にあまり遅れずにEGRガスの還流量を調節することができ、そのことで、燃焼室の空燃比を適切な範囲に保って、排気中のNOxやスモークが増えることを抑えることができる。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】ところで、一般に、エンジンの排気により駆動されて吸気を過給するターボ過給機は、エンジンの排気エネルギーが大きい中回転域ないし高回転域で優れた過給能力を発揮できるものの、排気エネルギーの小さな低回転域では十分な過給能力を発揮し得ない特性を有する。しかも、このターボ過給機を装備するエンジンは、通常、気筒の圧縮比が非過給エンジンよりも小さいので、低回転域での吸気充填効率は中回転域に比べてかなり低下する。そのため、例えば車両の発進時のようにエンジンが低回転運転域から加速運転状態に移行したときには、吸入空気量が不足してエンジン回転数が速やかに上昇せずにもたつくという、いわゆるターボラグが大きな問題になる。

【0005】特に、前記従来例の如く排気還流量の調節により間接的に燃焼室の空燃比を制御するようにしたディーゼルエンジンの場合、燃料噴射量の少ない低回転域では多量の排気が還流されており、この状態から加速運転状態に移行したときに直ちに排気の還流量を零にすることはできないので、その還流される排気により新気の吸入が妨げられて、前記の吸入空気量不足が助長されることになる。

【0006】また、一般に、ディーゼルエンジンでは、エンジンの加速運転状態への移行に伴い、要求出力の増大に対応するように燃料噴射量が増やされるので、前記の吸入空気量不足とも相まって燃焼室の空燃比が一時的にリッチ側に変化し、このことが排気中のスモーク増大を招く虞れがある。加えて、上述の如く車両の発進時にエンジンがもたつけば、運転者はさらにアクセルペダルを踏み込むことも多いので、そのことによりさらに燃料が増量されて、スモークが急増するという悪循環に陥ることも考えられる。

【0007】これに対し、燃料噴射量の増量を一時的に制限して空燃比のリッチ化を抑えようとするれば、そのことによってエンジン出力がさらに低下し、結果的にターボラグが大きくなってしまふので、好ましくない。

【0008】本発明は斯かる諸点を鑑みてなされたものであり、その目的とするところは、ターボ過給機付ディーゼルエンジンの加速運転時の燃料噴射手順に工夫を凝らすことにより、燃焼状態の改善によって排気中のスモーク増大を極力抑えながら、ターボラグの軽減を図ることにある。

【0009】

【課題を解決するための手段】前記目的を達成するために、本発明の解決手段では、エンジンが定常運転状態から加速運転状態に移行したとき、各気筒の圧縮行程で燃料を多段階に分けて噴射（以下、多段階噴射ともいう）させるとともに、そのうちの最後の噴射を加速直前の定常運転状態における燃料噴射よりも遅く終了させるようにした。

【0010】具体的に、請求項1記載の発明は、図1に例示するように、エンジン1の気筒内燃焼室4に燃料を噴射する燃料噴射弁5と、エンジン1の排気により吸気を過給するターボ過給機25とを備え、エンジン1の加速運転状態への移行時に前記燃料噴射弁5による燃料噴射量を増加させるようにしたディーゼルエンジンの制御装置Aが前提である。そして、エンジン1が加速運転状態へ移行したことを判定する加速判定手段35aと、前記加速判定手段35aによりエンジン1の加速運転状態への移行が判定されたとき、前記燃料噴射弁5による燃料噴射を、気筒の圧縮行程で終了する最初の噴射と、前記加速判定直前の圧縮上死点近傍における燃料噴射よりも遅く終了する最後の噴射とを含む多段階に分けて実行させる噴射時期制御手段35bとを設ける構成とする。

【0011】前記の構成により、車両の運転者がアクセルを踏み込んで、エンジン1の運転状態が例えば定常運転状態から加速運転状態へ移行したとき、エンジン1への要求出力の増大に対応するように燃料噴射量が増量されるとともに、まず、各気筒2毎に気筒の圧縮行程で噴射を終了する最初の噴射を含むように、圧縮行程で少なくとも1回の燃料噴射（早期噴射）が行われる。この早期噴射された燃料は相対的に大きく広がり、気筒内の空気の流動によって空気と十分に混合されかつ十分に気化霧化して、ピストン3の上昇に伴う気筒内圧の上昇と共に周囲の酸素と徐々に反応する。そして、圧縮行程終期に燃焼室4全体の温度がいわゆる自己着火温度に達すると、弱い燃焼状態から爆発的な燃焼状態へと移行する。

【0012】一方、前記の弱い燃焼によって燃焼室4の温度及び圧力が上昇するため、圧縮上死点近傍で最後の燃料噴射（後期噴射）がなされると、その燃料噴霧は高温高圧になっている燃焼室で速やかに気化霧化され、極く僅かな着火遅れ期間を経て急速にかつ良好に燃焼される。

【0013】ここで、前記後期噴射の時期は、加速判定直前の定常運転状態における燃料噴射よりも遅く終了するように遅角されているので、該後期噴射された燃料の一部は気筒の膨張行程で燃焼し、この燃焼によって排気エネルギーが高められることで、ターボ過給機25の回転が速やかに上昇して過給圧が高まり、このことにより、エンジン1の吸入空気量を迅速に増大させて、エンジン出力を高めることができる。しかも、上述の如く後期噴射による燃料は高温高圧の燃焼室に噴射されて速やかに気化霧化されるので、気筒の膨張行程であっても良

好な燃焼状態となり、スモークの生成量はあまり多くはならない。

【0014】したがって、この構成によれば、エンジン1の運転状態が定常運転状態から加速運転状態へ移行したとき、排気中のスモーク増大を抑えながら排気エネルギーを高めることができ、ターボ過給機の過給圧を迅速に高めてターボラグを大幅に軽減することができる。

【0015】請求項2記載の発明では、請求項1記載の発明における噴射時期制御手段は、燃料噴射弁による燃料噴射を、各気筒毎に1回の燃焼サイクルにおける総燃料噴射量の1/3以上が圧縮上死点前30°CA（以下、BTDC30°CAという）以前の圧縮行程で早期噴射され、かつ残りの燃料が圧縮上死点近傍で一括して後期噴射されるように少なくとも2段階に分けて実行させるものとする。

【0016】そのようにすれば、早期噴射を気筒の圧縮上死点前30°CA以前の圧縮行程で実行することで、燃料噴霧を十分に大きく広げ、空気とよく混合しかつ気化霧化させて、空気利用率を高めることができ、このことで、NOxを生成を抑えることができる。またその際、気筒の1回の燃焼サイクルにおける燃料噴射量の1/3以上を噴射させることで、燃料噴霧を自己着火可能な程度の濃度状態に維持することができ、この燃料の燃焼によって燃焼室温度を十分に高めることができる。このことで、圧縮上死点近傍で後期噴射した燃料を速やかに気化霧化させて良好に燃焼させることができ、よって、後期噴射を遅角させていても、排気中のスモーク増大を十分に抑制できる。

【0017】請求項3記載の発明では、請求項2記載の発明における後期噴射は、気筒の膨張行程で終了するものとする。このことで、後期噴射された燃料噴霧の多くが気筒の膨張行程で燃焼するので、確実に排気エネルギーを高めてターボラグを解消できる。

【0018】請求項4記載の発明では、請求項2記載の発明における後期噴射による燃料噴射量は、加速判定直前の燃料噴射量の総量よりも多いものとする。このことで、燃料噴射量が十分に多くなってエンジン出力が高まる上、排気エネルギーが十分に大きくなってターボラグを解消できる。

【0019】請求項5記載の発明では、請求項2記載の発明における早期噴射は、2段階に分けて行うものとする。このことで、早期噴射した燃料の空気との混合が促進され、空気利用率も高くなって、NOx及びスモークの生成が抑制される。

【0020】請求項6記載の発明では、請求項1又は2において、エンジンが定常運転状態にあるときに該エンジンの吸気系に排気の一部を還流させる排気還流手段が設けられている構成とする。

【0021】この構成では、エンジンが定常運転状態にあるときに、該エンジンの吸気系に排気還流手段により

排気の一部が還流されている。そして、エンジンが定常運転状態から加速運転状態に移行したときにも直ちに排気の還流量を零にすることはできないので、その還流される排気によって空気の吸入が妨げられることになり、吸入空気量不足に起因するターボラグの悪影響が大きくなる。従って、このような構成において、燃料の多段噴射と後期噴射の遅角とにより、スモークの増大を抑制しつつターボラグを軽減できるという作用効果は特に有効なものになる。

【0022】請求項7記載の発明では、請求項6記載の発明における排気還流手段は、ターボ過給機のタービンよりも排気上流側の排気通路と接続エンジンの吸気系とを連通する排気還流通路を備えているものとする。このものでは、排気エネルギーの一部がタービンに供給されずに排気還流通路から吸気系に逃げてしまい、ターボラグが大きくなりやすい。従って、特にこのようなものにおいてターボラグを軽減できることがさらに有効な作用を奏する。

【0023】請求項8記載の発明では、請求項6記載の発明において、エンジンの吸気通路における吸入空気量を計測する吸気量センサと、アクセル操作量に応じて燃料噴射弁による燃料噴射量を制御する噴射量制御手段とが設けられ、排気還流手段は、前記吸気通路と排気通路とを連通する排気還流通路と、該排気還流通路における排気の還流量を調節する排気還流量調節弁と、該排気還流量調節弁の開度を、前記吸気量センサにより計測した吸入空気量及び燃料噴射量に基づいて求められる燃焼室の空燃比がエンジンの運転状態に応じて設定された目標値になるようにフィードバック制御する排気還流制御手段とを備える構成とする。

【0024】この構成によれば、吸気量センサにより検出された吸入空気量と燃料噴射量とに基づいて、排気還流制御手段により排気還流量調節弁の開度制御が行われ、燃焼室の空燃比が目標値になるように高精度にフィードバック制御される。従って、例えばエンジンの低回転域では、燃料噴射量が少ないことに対応して多量の排気が還流されているので、車両の発進時等のようにエンジンが低回転域での定常運転から加速運転に移行したとき、前記排気還流制御手段により排気還流量調節弁が閉じる側に作動されても、しばらくの間、排気の還流量が多い状態になってしまい、吸入空気量不足に起因するターボラグの悪影響がかなり大きくなる。従って、このような構成において、スモーク増大を抑制しつつターボラグを軽減できるという作用効果は極めて有効なものになる。

【0025】請求項9記載の発明では、請求項1記載の発明において、燃料を噴射圧以上の高圧状態で蓄える蓄圧室に燃料噴射弁が接続されたコモンレール式燃料噴射系を備えるものとする。このことで、燃料噴射系の構成が具体化され、噴射時期制御手段による燃料噴射時期の

制御が実現される。

【0026】請求項10記載の発明では、請求項1記載の発明における噴射時期制御手段は、エンジンが定常運転状態にあるときには、燃料噴射弁による燃料噴射を圧縮上死点近傍で一括して実行させる構成とする。

【0027】すなわち、一般に、燃料の多段噴射を行うと、早期噴射された燃料の燃焼力の一部がいわゆる逆駆動力になって、エンジンの燃費率が若干、悪化するという難があるので、この発明では、エンジンが定常運転状態にあるときには、多段噴射は行わずに、燃料噴射を圧縮上死点近傍で一括して実行させることで、前記多段噴射に起因する燃費の悪化を抑制できる。

【0028】請求項11記載の発明では、請求項1記載の発明における噴射時期制御手段は、エンジンが定常運転状態の低回転低負荷運転領域にあるときには、燃料噴射弁による燃料噴射を圧縮上死点近傍での主噴射とその直前のパイロット噴射とに分けて実行させる構成とする。このことで、エンジンの低回転低負荷運転領域では、パイロット噴射を行うことで、主噴射の予混合燃焼時の燃焼圧力の立ち上がりを適度に緩和することができ、よって、エンジンの運転騒音を低減することができる。

【0029】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施形態を図面に基いて説明する。

【0030】（実施形態1）

（全体構成）図1は本発明の実施形態1に係るターボ過給機付ディーゼルエンジンの制御装置Aの全体構成を示し、1は例えばマニュアルトランスミッションを装備する車両に搭載された4気筒ディーゼルエンジンである。このエンジン1は4つの気筒2、2、…（1つのみ図示する）を有し、その各気筒2内に往復動可能にピストン3が嵌挿されていて、このピストン3によって各気筒2内に燃焼室4が区画されている。また、燃焼室4の上面の略中央部には、インジェクタ5が先端部の噴孔を燃焼室4に臨ませて配設されていて、各気筒毎に所定の噴射タイミングで開閉作動されて、燃焼室4に燃料を直接噴射するようになっている。

【0031】前記各インジェクタ5は高圧の燃料を蓄える共通のコモンレール（蓄圧室）6に接続されていて、そのコモンレール6には、内部の燃圧（コモンレール圧）を検出する圧力センサ6aが配設されているとともに、クランク軸7により駆動される高圧供給ポンプ8が接続されている。この高圧供給ポンプ8は、圧力センサ6aにより検出されるコモンレール6内の燃圧が所定値以上（例えば、アイドル運転時に40MPa、それ以外の運転状態では80MPa以上）に保持されるように作動する。また、クランク軸7の一端部にはその回転角度を検出するクランク角センサ9が設けられている。このクランク角センサ9は、クランク軸7の端部に設けた被

検出用プレート（図示せず）と、その外周に相対向するように配置された電磁ピックアップとからなり、前記被検出用プレートの外周部全周に亘って形成された突起部の通過に対応してパルス信号を出力するようになっている。

【0032】また、10はエンジン1の燃焼室4に対し図外のエアクリーナで濾過した吸気（空気）を供給する吸気通路であり、この吸気通路10の下流端部は、図示しないサージタンクを介して気筒毎に分岐して、それぞれ吸気ポートにより各気筒2の燃焼室4に接続されている。また、サージタンク内で各気筒2に供給される過給圧力を検出する過給圧センサ10aが設けられている。前記吸気通路10には上流側から下流側に向かって順に、エンジン1に吸入される吸気流量を検出するエアフローセンサ（吸気量センサ）11と、後述のタービン21により駆動されて吸気を圧縮するブロワ12と、このブロワ12により圧縮した吸気を冷却するインタークーラ13と、吸気通路10の断面積を絞る吸気絞り弁14とがそれぞれ設けられている。この吸気絞り弁14は、全閉状態でも吸気が流通可能なように切り欠きが設けられたバタフライバルブからなり、後述のEGR弁24と同様、ダイヤフラム15に作用する負圧の大きさが負圧制御用の電磁弁16により調節されることで、弁の開度が制御されるようになっている。

【0033】前記エアフローセンサ11は、流速変動があっても空気流量を確実にとらえることのできる定温度型ホットフィルム式エアフローセンサであり、図示しないが、吸気通路10に吸気流れ方向と直交するように配置されたヒータと、このヒータを挟んで上流側と下流側とに配置されたホットフィルムとを備えていて、両ホットフィルムの温度の高低に基づいて、吸気通路10を下流側（各気筒2の側）に向かう正方向流及び上流側に向かう逆流をそれぞれ検出するようになっている。このエアフローセンサ11による計測値に基づいて、正方向の空気流量のみを計測することができ、排気還流量の制御に逆流による誤差が入ることを避けることができる。

【0034】また、図1において20は各気筒2の燃焼室4から燃焼ガスを排出する排気通路で、この排気通路20の上流端部は分岐してそれぞれ図示しない排気ポートにより各気筒2の燃焼室4に接続されている。この排気通路20には、上流側から下流側に向かって順に、排気流により回転されるタービン21と、排気中のHC、CO及びNOx並びにパーティキュレートを浄化可能な触媒コンバータ22とが配設されている。

【0035】前記タービン21及びブロワ12からなるターボ過給機25は、図2に示すように、タービン21を収容するタービン室21aに該タービン21aの全周を囲むように複数のフラップ21b、21b、…が設けられ、その各フラップ21bが排気流路のノズル断面積Aを変化させるように回転するVGT（バリアブルジオ

メトリターボ)である。このVGTの場合、同図(a)に示すように、フラップ21b, 21b, ...をタービン21に対し周方向に向くように位置付けてノズル断面積Aを小さくすることで、排気流量の少ないエンジン1の低回転域でも過給効率を高めることができる。一方、同図(b)に示すように、フラップ21b, 21b, ...をその先端がタービン21の中心に向くように位置付けて、ノズル断面積Aを大きくすれば、排気流量の多いエンジン1の高回転域でも高い過給効率を得られる。

【0036】前記排気通路20は、タービン21よりも上流側の部位で、排気の一部を吸気側に還流させる排気還流通路(以下EGR通路という)23の上流端に分岐接続されている。このEGR通路23の下流端は吸気絞り弁14よりも吸気下流側の吸気通路10に接続されており、そのEGR通路23の途中の下流端寄りには、開度調節可能な負圧作動式の排気還流量調節弁(以下EGR弁という)24が配置されていて、排気通路20の排気の一部をEGR弁24により流量調節しながら吸気通路10に還流させるようになっている。

【0037】前記EGR弁24は、図3に示すように、弁箱を仕切るダイヤフラム24aに弁棒24bが固定され、この弁棒24bの両端にEGR通路23の開度をリニアに調節する弁本体24cとリフトセンサ26とが設けられたものである。前記弁本体24cはスプリング24dによって閉方向(図の下方)に付勢されている一方、弁箱の負圧室(ダイヤフラム24aよりも上側の室)には負圧通路27が接続されている。この負圧通路27は、負圧制御用の電磁弁28を介してバキュームポンプ(負圧源)29に接続されており、電磁弁28が後述のECU35からの制御信号によって負圧通路27を連通・遮断することによって、負圧室のEGR弁駆動負圧が調節され、そのことによって、弁本体24cによりEGR通路23の開度がリニアに調節されるようになっている。

【0038】つまり、図4(a)に示すように、電流が大きくなるに従ってEGR弁駆動負圧が大きく(圧力が低く)なり、そのEGR弁駆動負圧に比例して、同図(b)に示すようにEGR弁本体24cのリフト量に変化する。但し、EGR弁本体24cのリフト量の変化にはヒステリシスが見られる。

【0039】尚、前記ターボ過給機25のフラップ21b, 21b, ...にもEGR弁24と同様にダイヤフラム30が取り付けられていて、負圧制御用の電磁弁31によりダイヤフラム30に作用する負圧が調節されることで、前記フラップ21b, 21b, ...の作動量が調節されるようになっている。

【0040】前記各インジェクタ5、高圧供給ポンプ8、吸気絞り弁14、EGR弁24、ターボ過給機25のフラップ21b, 21b, ...等はコントロールユニッ

ト(Electronic Control Unit: 以下ECUという)35からの制御信号によって作動するように構成されている。一方、このECU35には、前記圧力センサ6aからの出力信号と、クランク角センサ9からの出力信号と、エアフローセンサ11からの出力信号と、EGR弁24のリフトセンサ26からの出力信号と、車両の運転者による図示しないアクセルペダルの操作量(アクセル開度)を検出するアクセル開度センサ32からの出力信号と、図示しないが、エンジン1の冷却水温を検出する水温センサからの出力信号とが少なくとも入力されている。

【0041】(制御システムの全体構成) 前記ECU35におけるエンジン制御の基本的な処理の概要は図5のブロック図に示されており、基本的にアクセル開度に基づいて基本となる燃料噴射量を決定するとともに、EGR弁24の作動によりEGR率を調節して、各気筒の空燃比を均一かつ高精度に制御するようにしている。また、高圧供給ポンプ8の作動によるコモンレール圧力の制御と、吸気絞り弁14の作動制御と、ターボ過給機25のフラップ21b, 21b, ...の作動制御(VGT制御)とが行われている。

【0042】前記EGR率は全排気量中の還流される排気量(EGR量)の割合をいう。すなわち、
$$EGR率 = EGR量 / 全排気量$$
ここで、EGR通路23から吸気通路10に還流される排気の各気筒2への分配性はそれぞれ異なり、加えて各気筒毎の空気吸入特性自体にもばらつきがあるので、EGR通路23におけるEGR弁24の開度を同じにしても、各気筒2におけるEGR率及び吸入空気量偏差にはばらつきを生じ、EGR率の高い気筒ではその吸入空気量が少なく、EGR率の低い気筒ではその吸入空気量が多くなる。そこで、基本的には全気筒2に共通の目標空燃比を定め、各気筒毎に吸入空気量を検出して、この吸入空気量に応じて前記目標空燃比となるように気筒毎に排気還流量を制御するようにしている。つまり、各気筒2の吸入空気量に対するEGR量の割合の均一化を図るのではなく、所定の空燃比を目標として気筒毎に排気還流量を制御しており、このことで、各気筒2の空燃比を均一かつ高精度に制御することができる。

【0043】具体的に、前記ECU35には、アクセル開度Acc及びエンジン回転数Neの変化に対して、目標トルク $trqsol$ の最適値を実験的に決定して記録した二次元マップ36と、エンジン回転数Ne、目標トルク $trqsol$ 及び新気量(吸入空気量のことであり燃料を含まない。以下、同じ。)FAirの変化に対して、目標燃料噴射量Fsolの最適値を実験的に決定して記録した三次元マップ37と、エンジン回転数Neと目標トルク $trqsol$ の変化に対して、目標空燃比A/Fsolの最適値を実験的に決定して記録した二次元マップ38とがそれぞれメモリ上に電子的に格納されている。

【0044】前記目標空燃比 A/F_{sol} が NO_x の低減とスモークの低減とを両立させるように排気の還流量を決定するための制御目標値となるものである。すなわち、図6にディーゼルエンジンの空燃比と排気中の NO_x 量との関係を例示するように、空燃比が上昇すると NO_x 量が増大する傾向があるので、排気還流量を多くして空燃比を下げれば、 NO_x の発生を少なくすることができる。

【0045】しかし、図7に例示するように、同じエンジンの空燃比と排気中のスモーク値との関係によれば、空燃比がリッチ側に变化してある空燃比以下になると、スモーク量が急に増大することが分かる。つまり、 NO_x 量の低減のために排気の還流量を多くするといっても限度があり、この実施形態の制御装置Aにおいては、排気中の NO_x 量の低減とスモーク量の増大抑制との両立を図るために、前記目標空燃比 A/F_{sol} は、スモーク量が急増し始める手前のできるだけリッチ側の値に設定されている。

【0046】①燃料噴射制御

具体的に、まず、アクセル開度センサ32により検出されたアクセル開度 Acc とクランク角センサ9により検出されたエンジン回転数 Ne とを用いて、目標トルク演算部41において前記メモリ上の二次元マップ36を参照して目標トルク trq_{sol} を決定する。この目標トルク trq_{sol} と、エアフローセンサ11によって計測された新気量 F_{air} とエンジン回転数 Ne とを用いて、目標噴射量演算部42において前記メモリ上の三次元マップ37を参照して目標噴射量 F_{sol} を決定する。そして、この目標噴射量 F_{sol} と後述の如く制御されたコモンレール圧力 CRP とに基づいて、各インジェクタ5の励磁時間を決定し、それぞれ制御する。前記目標トルク演算部41及び目標噴射量演算部42が噴射量制御手段35c(図1参照)に対応している。

【0047】②排気還流制御

一方、前記目標トルク演算部41において求められた目標トルク trq_{sol} とエンジン回転数 Ne とを用いて、目標空燃比演算部43においてメモリ上の二次元マップ38を参照して、前記の NO_x 及びスモークの両立を図るための目標空燃比 A/F_{sol} を決定する。そして、この目標空燃比 A/F_{sol} と前記目標噴射量演算部42において求められた目標噴射量 F_{sol} とを用いて、目標新気量演算部44において目標新気量 F_{Asol} を算出し($F_{Asol}=F_{sol} \times A/F_{sol}$)、この目標新気量 F_{Asol} を目標として、新気量制御部45において新気量制御を行う。この新気量制御は新気供給量自体を直接調節するのではなく、排気の還流量を調節することによって新気量を変化させるものである。すなわち、新気の補正量を決定するのではなく、目標とする新気量 F_{Asol} に基づいてEGR弁24の操作量 EGR_{sol} を決定し、その操作量 EGR_{sol} に対応するようにEGR弁の開度を制御する。前記目標空燃比演算部43、目標

新気量演算部44及び新気量制御部45が排気還流制御手段35dに対応している。

【0048】③コモンレール圧制御

また、ECU35には、目標トルク trq_{sol} 及びエンジン回転数 Ne の変化における、実験的に決定された最適なコモンレール圧力 CRP_{sol} を記録した二次元マップ50がメモリ上に電子的に格納して備えられており、前記目標トルク演算部41において得られた目標トルク trq_{sol} とエンジン回転数 Ne とを用いて、コモンレール圧力演算部46において当該マップ50を参照して目標コモンレール圧力 CRP_{sol} を演算し、これを用いてコモンレール圧力を制御する。

【0049】前記マップ50において、コモンレール圧力 CRP_{sol} はエンジン回転数 Ne が高いほど高くなるように、また、目標トルク trq_{sol} が大きいほど高くなるように設定されている。これは、エンジン回転数 Ne が高いほどインジェクタ5の開弁時間を相対的に短くしてはならないので、噴射量を確保するために噴射圧を高める必要があるからである。一方、エンジン1の低回転域では、燃料をある程度の長い時間をかけて噴射し、気筒内の空気流動に乗せて燃料噴霧を大きく広げることが好ましい。そこで、インジェクタ5の開弁時間を長くすることで、それに対応して噴射圧は下げるようにしている。尚、目標トルクに関しては、エンジン1への負荷が大きいほど燃料噴射量を多くする必要があるため、その噴射量を確保するために噴射圧を高めるようにしている。

【0050】④吸気絞り弁制御

ECU35には、目標燃料噴射量 F_{sol} 及びエンジン回転数 Ne の変化における、実験的に決定された最適な目標吸気絞り量 TH_{sol} を記録した二次元マップ51がメモリ上に電子的に格納して備えられており、前記目標噴射量演算部42において得られた目標噴射量 F_{sol} とエンジン回転数 Ne とを用いて、目標吸気絞り量演算部47において当該マップ51を参照して目標吸気絞り量 TH_{sol} を演算し、これを用いて吸気絞り弁14の開度を制御する。

【0051】⑤VGT制御

さらに、ECU35には、目標トルク trq_{sol} 及びエンジン回転数 Ne の変化における、実験的に決定された最適な目標過給圧力 $Boost_{sol}$ を記録した二次元マップ52がメモリ上に電子的に格納して備えられており、前記目標トルク演算部41において得られた目標トルク trq_{sol} とエンジン回転数 Ne とを用いて、目標過給圧力演算部48において当該マップ52を参照して目標過給圧力 $Boost_{sol}$ を演算する。そして、この目標過給圧力 $Boost_{sol}$ と過給圧センサ10aにより検出された吸気絞り弁14下流の吸気通路10の吸気圧力 $Boost$ とを用いて、過給圧力制御部49において、吸気圧力 $Boost$ が目標過給圧力 $Boost_{sol}$ になるようなターボ過給機25のフラップ21b、21b、…の開度 VGT_{sol} を演算し、これを用いてフラップ21b、21b、…を適正な開度になるように制御す

る。

【0052】（排気還流制御及び燃料噴射量制御の全体の流れ）次に、前記ECU35による排気還流及び燃料噴射量制御の全体的な流れを図8に基づいて説明する。この制御はメモリ上に電子的に格納された制御プログラムに従い、エンジン1の回転に同期して実行される。

【0053】まず、同図のステップS1～S3に示すように、エアフローセンサ11によって検出される吸入空気量及びクランク角センサ9によって検出されるクランク角度に基づいて、気筒毎に吸入空気量FAirが求められる。また、クランク角センサ9からの出力によって求められるエンジン回転数Ne、アクセル開度センサ32によって検出されるアクセル開度Acc及び前記吸入空気量FAirに基づいて、目標燃料噴射量Fsolが求められる（ステップS4～S6）。

【0054】続いて、アクセル開度Acc、エンジン回転数Ne等に基づいてエンジン1が低負荷ないし中負荷の定常運転状態にあるか、或いは加速運転状態にあるかの過渡判定が行なわれ（ステップS7）、定常運転時には基本目標空燃比が設定され、それに基づいて目標吸入空気量が求められて、EGR弁基本制御が行なわれ、さらに、この基本制御が気筒毎の吸入空気量FAirに基づく気筒毎のEGR弁制御によって補正される（ステップS8～S11）。一方、加速運転時には加速時の目標空燃比が設定され、加速時のEGR弁制御及び噴射量制御が行なわれる（ステップS12～S14）。

【0055】（気筒毎の吸入空気量の演算）前記エアフローセンサ11により検出された吸入空気流量は、例えば図9に示すようになっている。同図の斜線を入れた部分が吸気の逆流分であり、この逆流分を差し引いた積分値、即ち実際に各気筒2に吸入された吸入空気量が僅かながら変動していることが見てとれる。

【0056】図10に、前記エアフローセンサ11を用いた気筒毎の吸入空気量を算出するとき（図8のステップS1～S3）の具体的な制御手順を示す。すなわち、まずエアフローセンサ11により検出した吸入空気流量を積分するとともに、そのときの経過時間を計測して、クランク角度が180°CA変化する都度、その180度分の吸入空気流量の積分値Q（=FAir）を当該気筒(i)の吸入空気量Qiとし、また、その所要時間（クランクタイム時間T）を当該気筒(i)のクランク間隔Tiとする。そして、得られた4気筒の吸入空気量Qiの平均値を基本吸入空気量Qavとして求める（ステップA1～A7）。尚、4気筒の各々には、便宜上、着火順に気筒番号「0, 1, 2, 3」を与えている。

【0057】また、当該気筒(i)の吸入空気量の変化率 $\Delta Qi = Qi / Qi-1$ 及びクランク間隔の変化率 $\Delta Ti = Ti / Ti-1$ を、当該気筒(i)よりも1つ前に吸気行程になる気筒(i-1)を基準として求め、続いて、吸気行程の時間を加味した吸入空気量の変化指数 $\Delta Qti = \Delta Qi / \Delta Ti$ を

求める（ステップA8～A10）。ここで、 ΔTi を考慮するのは、トルク変動（クランク軸7の角速度変動）による外乱をできるだけ排除するためであり、この処理は特にトルク変動の大きなアイドル運転時に効を奏する。そして、この変化指数 ΔQti に基づいて各気筒毎の吸入空気量特性 $\Delta Qt'(i)$ を次式により求める（ステップA11）。

$$【0058】 \Delta Qt'(i) = \Delta Qti \times r + \Delta Qt' \times (1 - r)$$

但し、 $0 < r \leq 1$

ここで、 $\Delta Qt'$ は変化指数 ΔQti の前回値であり、前記の演算を繰り返し実行することで、当該気筒(i)の吸入空気量特性 $\Delta Qt'(i)$ に変化指数 ΔQti の今回値及び前回値がそれぞれ所定の割合で反映されていって、吸入空気量に関する気筒間の固体差が徐々に明瞭になっていく。

【0059】（過渡判定）図11に過渡判定（図8のステップS4～S7）の具体的な制御手順を示す。この過渡判定は加速判定であり、アクセル開度の変化による判定と、燃料噴射量の変化による判定とを行う。すなわち、エンジン1が定常運転状態から加速運転状態に移行したときには、燃料噴射量の増量に応じて吸入空気量を増やす必要があるため、EGR弁24を速やかに閉じる側に作動させて、排気の還流量を減らすようにしており、そのようなEGR弁24の制御を実行するための過渡判定である。尚、車両の減速時には、一部の運転領域を除いて燃料噴射を中断し（フューエルカット）、そのときには、EGR弁24の開度は零として、排気還流を行わないようにしている。

【0060】具体的に、まずアクセル開度Accの変化に基づく判定手順として、アクセル開度Accとエンジン回転数Neと吸入空気量Qavとを用いて、図5の三次元マップ37より燃料噴射量F（=目標噴射量Fsol）を読み込むとともに、アクセル開度の今回値Accと前回値Acc'とに基づいてその変化量 $\Delta Acc = Acc - Acc'$ を求める（ステップB1～B3）。一方、燃料噴射量Fとエンジン回転数Neとを用いて二次元マップから加速判定基準 αcc を読み込む（ステップB4）。

【0061】この加速判定基準 αcc は、前記アクセル開度変化量 ΔAcc に基づいて加速判定をするためのものであり、例えばエンジン回転数Neが高いほど大きくなって加速と判定され難くなる一方、燃料噴射量Fが多いほど小さくなって加速と判定され易くなるというように燃料噴射量F及びエンジン回転数Neに対応づけて設定されていて、その設定されたマップがメモリ上に電子的に格納されている。また、低負荷運転時はもともと排気還流量が多いので、アクセル開度の増大変化（燃料噴射量の増量）が大きいときには速やかに排気還流量を低減しなくてはならない。そこで、前記 αcc は燃料噴射量が多いほど小さくなるように設定されている。

【0062】そして、加速係数 $\alpha = \Delta \text{Acc} / \alpha_{cc}$ が1より大のときにエンジン1が加速運転状態にあると判定し、加速係数 α と別途、求めた目標空燃比 TA/F ($= \text{A/Fs}_{ol}$) とに基づいて、過渡時のEGR弁操作量 K Tegr ($= \text{EGRs}_{ol}$) をマップから読み込む(ステップB5~B7)。すなわち、アクセル開度の増大変化が大きいほど排気の還流量を速やかに減らす必要があるため、そのために、前記のEGR弁操作量 K Tegr のマップは、加速係数 α が大きくなるほどEGR弁24の開度が小さくなるようにその操作量が実験的に求められて設定されている。

【0063】続いて、燃料噴射量の変化に基づく加速判定を行う。前記アクセル開度に基づく加速判定の場合は、その判定に基づいて言わば見込みでEGR弁操作量を決定するのであるが、次の燃料噴射量に基づく加速判定の場合は、実際の加速要求を燃料噴射量に基づいてチェックし、その加速要求に見合った制御を行なうようにしている。

【0064】すなわち、燃料噴射量の今回値 F と前回値 F' とに基づいてその変化率 $\Delta F = F / F'$ を求め、燃料噴射量 F とエンジン回転数 Ne とを用いて二次元マップから加速判定基準 Fk を読み込む(ステップB8, B9)。この Fk も前記 α_{cc} と同様に設定されてメモリ上に電子的に格納されている。そして、噴射量変化係数 $\beta = \Delta F / \text{Fk}$ が1よりも大のときに加速運転状態と判定して、加速時の制御に進む一方、小のときには定常運転状態と判定して、定常時の制御に進む(ステップB10, B11)。

【0065】(定常時の制御) 定常時の制御は図12に示されており、エンジン回転数 Ne とアクセル開度 Acc とを用いて図5の二次元マップ36から目標トルク Ttrq ($= \text{Trqs}_{ol}$) を読み込み、この Ttrq と Ne とを用いて二次元マップ38から目標空燃比 TA/F ($= \text{A/Fs}_{ol}$) を読み込んで、その目標空燃比 TA/F に燃料噴射量 F を乗算して、目標吸入空気量 TQ ($= \text{FAs}_{ol}$) を算出する(ステップC1~C3)。

【0066】前記目標空燃比 TA/F は、上述の如く NO_x 低減とスモーク低減とを両立できるような値に設定されているが、その値はエンジン1の運転領域、即ちエンジン回転数 Ne 及びエンジントルク Ttrq (換言すれば、燃料噴射量 F) に応じて少しずつ異なっている。例えば、ターボ過給機25により十分な過給が行なわれる中回転ないし高回転域では、吸入空気量が多いため筒内圧縮温度も高くなる上、燃焼室4での空気流動が強くなって空気と燃料との混合状態も良好になり、スモークの生成は極めて少なくなる。従って、エンジン1の高回転域(過給圧が高くなる領域)と低回転域とを比較すると、前者の方が目標空燃比をより小さく(リッチ側に)設定することができる。

【0067】目標吸入空気量 TQ の算出に続いて、吸入

空気量偏差 $\text{Qerr} = \text{TQ} - \text{Qav}$ を求め、この偏差 Qerr が零になるようにPID制御則に従って基本EGR弁操作量 Tegr ($= \text{EGRs}_{ol}$) を求める(ステップC4, C5)。すなわち、例えば、前記偏差 Qerr に比例制御動作の制御ゲイン(Pゲイン)を積算した比例制御項と、前記偏差 Qerr の積分値に積分制御動作の制御ゲイン(Iゲイン)を積算した積分制御項と、前記偏差 Qerr の微分値に微分制御動作の制御ゲイン(Dゲイン)を積算した微分制御項とを合算して、基本EGR弁操作量 Tegr を決定する。ここで、前記比例制御動作の制御ゲインは基本となる値にゲイン係数 K を乗算して得られるもので、後述の如くゲイン係数 K を減少又は増大補正することで、制御の応答性や収束性を変えることができるようになっている。

【0068】基本EGR弁操作量 Tegr の決定に続いて、アクセル開度変化量 ΔAcc の絶対値が所定の閾値 Thacc よりも小さい状態が所定数 n サイクル連続し且つ燃料噴射が行なわれている、という定常運転状態の確認の条件をチェックする(ステップC6)。そして、定常運転状態が確認されると、各気筒毎に順番に($i = 0, 1, 2, 3$)、先に求めた吸入空気量特性 $\Delta \text{Qt}'(i)$ とEGR補正ゲイン $\text{E}(i)$ とに基づいて気筒毎のEGR弁補正操作量 $\Delta \text{Tegr}(i)$ を算出する(ステップC7)。すなわち、

$$\Delta \text{Tegr}(i) = \Delta \text{Qt}'(i) \times \text{E}(i) + \Delta \text{Tegr}(i)'$$

但し、 $\Delta \text{Tegr}(i)'$ は当該気筒(i)のEGR弁補正操作量の前回値である。そして、この演算において $\Delta \text{Qt}'(i)$ の値自体は強調されたものであるが、演算を繰り返すことで、EGR弁補正操作量は徐々に気筒間の固体差に応じた適切な値に到達する。

【0069】このようにして、例えば、 $i = 0, 1, 2, 3$ の順番に4気筒すべてのEGR弁補正操作量を求めた後、気筒番号 $i = 3$ になれば(ステップC8)、その4気筒分のEGR弁補正操作量の平均値 $\Delta \text{Tegr-av}$ を求める。この平均値は本来は零になるべきものであるが、前記ステップC7の演算を行なうと、種々の要因でその平均値がマイナス又はプラスになってしまい、基本EGR弁操作量 Tegr を基準として各気筒2のEGR弁操作量を補正制御するという本来の目的が損なわれる。そこで、前記平均値 $\Delta \text{Tegr-av}$ がマイナスになれば、その絶対値を前記各気筒2の $\Delta \text{Tegr}(i)$ に加算し、反対にプラスになれば減算することで、平均値 $\Delta \text{Tegr-av}$ を零に補正する(ステップC9)。

【0070】そして、このようにして得られた $\Delta \text{Tegr}(i)$ を前記基本EGR弁操作量 Tegr に加えて、各気筒2のEGR弁操作量 $\text{Tegr}(i)$ を求め(ステップC10)、図13のステップD1へ進む。

【0071】(加速係数 α に基づく加速判定時の制御) 一方、前記図11のステップB6において加速判定がなされたときには、ステップB7で求められる過渡時の目

標EGR弁操作量 K_{Tegr} は、加速係数 α 及びTA/Fの大きさに応じて異なり、加速係数 α が所定以上に大きいときにはEGR弁24の開度は零とされる。すなわち、運転者の加速要求が大きい場合には、排気の還流は行なわれず、各気筒2の吸入空気量を最大限に大きくしてスモークの生成を抑えつつ、燃料噴射量を増量してエンジン出力を高めることができる。

【0072】また、その場合には、EGR弁24に対しプリセットを与える制御を行ない、エンジン1が前記加速運転状態から再び定常運転状態に移行するときに、排気還流制御に速やかに移行できるようにする。すなわち、EGR弁24によりEGR通路23を閉じたとき、弁本体24cがスプリング24dによって弁座に押圧される力ができるだけ小さくなるような、ひいては押圧力が零となるような所定のEGR弁駆動負圧（プリセット負圧）を負圧室に作用させて、スプリング24dによる閉方向の押圧力とEGR弁駆動負圧とを釣り合わせるようにしている。このプリセット負圧は、図4（b）に示すように、EGR弁24を閉方向に制御しEGR弁リフト量が零に到達した時点のEGR弁駆動負圧である。

【0073】具体的に、EGR弁24にプリセット負圧を与えるための制御フローは、図13に示すようになる。すなわち、まず、EGR弁操作量 $Tegr$ が、EGR弁24のリフト量が零となる操作量であるときは、リフトセンサ26の値 $EGRVliFt$ を読み込む（ステップD1、D2）。そして、この値 $EGRVliFt$ がリフト量零に対応する値 $EGRV0$ よりも大きいときには、その値 $EGRV0$ と等しくなるまでEGR弁制御を行なって（ステップD3、D4）、前記EGR弁駆動負圧をプリセット負圧 $EGRV0$ になるまで低下させる。

【0074】一方、前記ステップD1において、EGR弁操作量 $Tegr$ が前記のリフト量零に対応する操作量でないときには、前記ステップD2、D3の手順は行わずに、通常のEGR弁制御を実行して（ステップD1→D4）、しかる後にリターンする。

【0075】（噴射量変化係数 β に基づく加速判定時の制御）また、図11のステップB11において加速判定がなされたときには、図14の各ステップに示すように、まず、噴射量変化係数 β 、燃料噴射量 F 及びエンジン回転数 Ne を用いて、これらの変化における最適な過渡時目標空燃比 $K_{TA/F}$ （ $=A/F_{sol}$ ）を記録した三次元マップから $K_{TA/F}$ を読み込む（ステップG1）。この過渡時目標空燃比 $K_{TA/F}$ は、排気の還流量を低下させてスモークの生成を抑えながら速やかにエンジン出力を高めることができるように、定常時の目標空燃比 TA/F よりもリーン側に設定されている。前記三次元マップは、図示しないが、燃料噴射量 F が少ないほど、また噴射量変化係数 β が大きいほど、さらにはエンジン回転数 Ne が低いほどそれぞれリーン側になるように、それぞれの値の変化に対する最適な $K_{TA/F}$ の値を実験的に求めて記録

したものであり、メモリ上に電子的に格納されている。

【0076】続いて、前記の過渡時目標空燃比 $K_{TA/F}$ と燃料噴射量 F とに基づいて、過渡時の目標吸入空気量 TQ （ $=F_{A_{sol}}$ ）を算出する（ステップG2）。そして、この TQ に基づいて先の定常運転時と同様にEGR弁操作量を決定し、排気の還流量を速やかに減らして、吸入空気量を増大させるようにしている（以下のステップG5に続く図12のステップC4～C6、図13のステップD1～D4）。

【0077】このように過渡時目標空燃比 $K_{TA/F}$ を定常時よりもリーン側に設定していても、エンジン1が加速運転状態に移行したときには、各気筒2の燃焼室4に噴射される燃料が一時的にあまりにも多くなり過ぎる虞れがある。そこで、このフローでは燃料の過剰な増量を抑制すべく一定の制限を設けている。すなわち、燃料噴射量 F とエンジン回転数 Ne のマップから限界空燃比 $LimitA/F$ を読み込む（ステップG3）。そして、得られた限界空燃比 $LimitA/F$ と現在の吸入空気量 $Q(i)$ とに基づいて燃料噴射量のリミット値 F_{Limit} を算出し、基本噴射量 F 、リミット値 F_{Limit} 及び最大噴射量 F_{max} のうちの最も少ない値を目標噴射量 T_F として設定して、図12のステップC4へ進む（ステップG4、G5）。

【0078】前記限界空燃比 $LimitA/F$ 、過渡時の目標空燃比 $K_{TA/F}$ 及び定常時の目標空燃比 TA/F の関係は図15に示す通りであり、定常時の目標空燃比 TA/F よりもリーン側に過渡時の目標空燃比 $K_{TA/F}$ が設定され、反対に定常時の目標空燃比 TA/F よりもリッチ側に限界空燃比 $LimitA/F$ が設定されている。この限界空燃比 $LimitA/F$ に対応する限界スモーク量は、定常時の限界スモーク量よりもやや多く、例えば2BU程度のスモーク量とされている。また、限界空燃比 $LimitA/F$ は、基本的には燃料噴射量が多いほどリーン側に、また、エンジン回転数が高いほどリッチ側に設定することができ、燃料噴射量 F とエンジン回転数 Ne の変化に対して、実験的に求められた最適な値がメモリ上に電子的に記録されている。尚、基本噴射量 F は、エンジン回転数 Ne とアクセル開度 Acc とによって定まる燃料噴射量であり、最大噴射量 F_{max} はエンジン1の破壊を招かない燃料噴射量の上限值である。

【0079】（吸気絞り弁制御）次に、ECU35による吸気絞り弁制御について、具体的に図16及び図18に示すフローチャート図に基づいて説明する。この制御は排気還流制御と同様、メモリ上に電子的に格納された制御プログラムに従ってエンジン1の回転に同期して実行される。

【0080】まず、前記排気還流制御と同様にアクセル開度 Acc 及びエンジン回転数 Ne を検出し、燃料噴射量 F を読み込み（ステップH1～H3）、続いて、アクセル開度センサ32からの出力信号に基づいて、アクセル戻し状態かどうかを判定する（ステップH4）。すなわ

ち、アクセル操作量が所定以上、急に減少して、アクセル開度が略零になったYESならば、ステップH5に進んで、アクセル戻し判定フラグFlagの値をFlag=1とし、続くステップH6で、アクセル戻し状態が判定されてからの経過時間を計測するためのカウンタをリセットして(Tup=0)、その後、ステップH9に進む。

【0081】一方、前記ステップH4でアクセル戻し状態でないNOと判定されて進んだステップH7では、前記アクセル戻し判定フラグFlagの値が1であるか否かを判別し、Flag=0でNOであれば後述のステップH12に進む一方、Flag=1でYESであればステップH8に進んで、前記カウンタの値をインクリメントして(Tup=Tup+Δt)、ステップH9に進む。

【0082】このステップH9では、前記カウンタ値Tupが予め設定した所定時間に対応する所定値Tup1以下であるか否かを判定し、カウンタ値Tupが所定値Tup1よりも大きいNOと判定されれば、ステップH11に進む一方、カウンタ値Tupが所定値Tup1以下でYESであれば、即ち、アクセル戻し状態が判定されてから所定時間が経過するまでの間は、ステップH10に進んで、EGR弁の制御ゲインを補正するためのゲイン補正係数 γ 1を二次元マップから読み込む。

【0083】この二次元マップは、アクセル戻し状態に対応してEGR弁制御の応答性が高まるように、前記ゲイン補正係数 γ として相対的に大きな値 γ 1を設定したもので、図17に例示するように、吸気絞り量TH及びエンジン回転数Neに対応する最適なゲイン補正係数値 γ 1を実験的に決定して記録したものである。 γ 1の値は $0 < \gamma < 1$ の範囲でエンジン回転数Neが高いほど、また吸気絞り量THが大きいほど小さくなるように設定されている。尚、このステップで用いる吸気絞り量THは、前回の制御サイクルで設定された値である。

【0084】一方、前記ステップH9においてカウンタ値Tupが所定値Tup1よりも大きいNOと判定されて進んだステップH11では、アクセル戻し判定フラグをクリアする(Flag=0)。すなわち、アクセル戻し状態が判定されてから前記所定時間が経過すれば、その次の制御サイクルにおけるステップH7でNOと判定されてステップH12に進むことになり、このステップH12では、前記二次元マップ(図17参照)と同様の別の二次元マップからゲイン補正係数 γ 2を読み込む。この別の二次元マップは、アクセル戻し状態でない通常時のゲイン補正係数 γ 2を設定したもので、マップの全設定領域において、 $\gamma < \gamma$ 1になっている。

【0085】前記ステップH10、11、12に続いて、図18のフローチャート図におけるステップH13では、エンジン1がアイドル運転状態にあるかどうかを判定する。すなわち、アクセル全開でかつ車両の走行速度が零のアイドル運転状態でYESならば後述のステップH17に進む一方、アイドル運転状態でないNOなら

ばステップH14に進み、吸気絞りマップをサーチする。この吸気絞りマップは図5のマップ51に相当するものであるが、詳しくは図19に示すように、燃料噴射量F及びエンジン回転数Neに対応する最適な吸気絞り量TH(=THsol)が実験的に決定されて記録されたデジタルの二次元マップである。

【0086】このマップによれば、エンジン1が高回転域ないし高負荷域にあって、燃料噴射量Fないしエンジン回転数Neが大きければ、吸気絞り量THが零に設定されて、吸気絞り弁14が全開状態に制御される。すなわち、エンジン1の高回転域では吸排気間の差圧が高いことから、排気還流量が多くなって吸入空気量が不足しやすく、また、高負荷域では燃料噴射量が多くなって、相対的に吸入空気量が不足しやすいので、前記吸気絞りマップによれば、エンジン1の高回転域ないし高負荷域で吸気絞り弁14を全開状態に制御して、吸入空気量の不足に起因するスモーク増大を防止するようにしている。

【0087】また、前記マップによれば、高回転域ないし高負荷域を除いた相対的に低負荷の運転状態で、吸気絞り量THは、燃料噴射量Fが小さいほど、またエンジン回転数Neが低いほど大きくなるように設定されている。すなわち、エンジン回転数Neが低いほど吸排気間の差圧が小さくなるので、これに対応して吸気絞り弁14の開度を小さく制御するようにして、吸排気間の差圧を高めて排気の還流量を十分に確保できるようにしている。

【0088】前記ステップH14に続いて、ステップH15では、アクセル戻し判定フラグFlagの値と吸気絞りマップのサーチ結果とに基づいて、吸気を絞るかどうかを判定する。すなわち、Flag=0であるか、或いはFlag=1であってもエンジン1が高負荷ないし高回転運転状態になっていて、吸気を絞らないNOであれば、ステップH19に進む一方、Flag=1であってかつ前記以外の運転状態で、吸気を絞るYESであれば、ステップH16に進み、吸気絞りマップから読み込んだ値に従って吸気絞り量THを設定する。また、前記ステップH14において、アイドル運転状態でYESと判定されて進んだステップH17では、アイドル運転状態に対応して、吸気絞り弁14が全閉になるように吸気絞り量THを設定する。

【0089】そして、前記ステップH16又はH17に続くステップH18では、それらの各ステップで設定された吸気絞り量THに基づいて、負圧制御用の電磁弁16に制御信号を出力して、吸気絞り弁14の開度制御を実行する。続いて、ステップH19では、前記ステップH10又はステップH12のいずれか読み込んだゲイン補正係数 γ に基づいて、EGR弁制御における制御ゲインの値を決定するゲイン係数Kを演算して、しかる後にリターンする。

$$【0090】K = K \times (1 + \gamma)$$

ここで、アクセル戻し状態に対応するゲイン補正係数 γ

1が読み込まれている場合、 $\gamma 1$ の値が $\gamma 2$ の値よりも大きい分だけ、ゲイン係数Kが通常の運転状態よりも増大され、上述のEGR弁制御(図12参照)における比例制御ゲインが大きくなって、EGR弁24の作動応答性が高められる。つまり、アクセル戻し状態が判定されたときから所定時間が経過するまでの間は、アクセル操作量が急変しているような状況であり、その変化に遅れないようにEGR弁24の作動応答性を高めることができる。尚、前記所定時間は、例えばマニュアルトランスミッションの変速操作に対応する比較的短い時間(例えば1~2秒)とすればよく、その短い時間、制御の収束性が悪化してもあまり問題はない。

【0091】上述の如き吸気絞り弁制御によれば、例えばエンジン1がアイドル運転状態にあって、車両の発進のためのアクセルペダルの踏み込みが予測されるときに、吸気絞り弁14が全閉状態にされ、吸排気間の差圧が高められることで、EGR弁24の開度が相対的に小さく(例えば半分くらい開いた状態に)される。そして、車両の発進に伴い、エンジン1が定常運転状態から加速運転状態に移行すると、吸気絞り弁14が速やかに開作動されるとともに、燃料噴射量の増量に伴いEGR弁24も閉じる側に作動されることになるが、上述の如くEGR弁24の開度が予め小さくされているので、そのEGR弁24の開作動の遅れを軽減することができる。つまり、EGR弁24を迅速に全開状態にさせて、吸入空気量を最大限に増大させることにより、車両の発進時のスモーク発生を軽減することができる。

【0092】(燃料噴射時期の設定)本発明の特徴は、上述の如く排気還流量の調節による間接的な空燃比制御が行われているターボ過給機付ディーゼルエンジンにおいて、エンジン1が定常運転状態から加速運転状態に移行したときに、各気筒2の圧縮行程で燃料を早期及び後期の2回に分けて噴射(以下、多段噴射という)させるとともに、そのうちの後期噴射の時期を、加速運転状態に移行する直前の定常運転状態の燃料噴射よりも遅い時期に設定したことにある。

【0093】具体的に、エンジン1が定常運転状態のときには、図20(a)に例示するように各気筒2の圧縮上死点近傍(図例ではATDC4°CA)で、インジェクタ5から燃料を1回の主噴射で一括して噴射させるようにしており、特にエンジン1の低回転低負荷領域(例えばエンジンのアイドル運転状態に相当する運転領域)においては、同図(b)に例示するように、その主噴射の直前に所定量の燃料を噴射するパイロット噴射も行うようにしている。

【0094】そして、エンジン1の運転状態が前記定常運転状態から加速運転状態に移行したときには、同図(c)に例示するように、インジェクタ5からの燃料噴射を各気筒2の圧縮行程中期(図例ではBTDC90°CA)での早期噴射と、圧縮上死点近傍での後期噴射と

に分けて実行させるとともに、該後期噴射をその終了時期が前記定常運転状態における主噴射よりも遅くなるように遅角設定して、排気エネルギーの増大によりターボラグの軽減を図るようにしている。

【0095】次に、前記ECU35による燃料噴射時期制御の処理手順を図21~23に示すフローチャート図に基づいて具体的に説明する。この制御は、前記吸気絞り弁制御等と同様、メモリ上に電子的に格納された制御プログラムに従って、クランク角センサ9からの出力信号に同期して所定クランク角毎に実行される。

【0096】まず、図21に示すように、スタート後のステップJ1、ステップJ2において排気還流制御等と同様にしてそれぞれアクセル開度Acc及びエンジン回転数Neを検出し、続いて、水温センサからの出力信号に基づいてエンジン水温を読み込み、さらに、燃料噴射量F及びコモンレール圧力CRPを読み込む(ステップJ3~J5)。

【0097】続いて、ステップJ6では、排気還流制御における過渡判定(図11参照)と同様にして、エンジン1が加速運転状態になったか(加速開始か?)どうかを判定する。すなわち、アクセル開度の変化に対応する加速係数 α と燃料噴射量Fの変化に対応する噴射量変化係数 β とに基づいて、 $\alpha \leq 1$ かつ $\beta \leq 1$ の定常運転状態から $\alpha > 1$ 又は $\beta > 1$ に変化して、加速運転状態になったYESと判定されたとき、ステップJ7に進む一方、それ以外の場合、即ち前記定常運転状態であるか又は継続して加速運転状態になっていれば、ステップJ9に進む。

【0098】ステップJ7では、エンジン1が加速運転状態に移行したときに多段噴射を行う期間であることを示す多段噴射実行フラグFlagspの値を1とし(Flagsp=1)、続くステップJ8で、前記多段噴射を行う期間を計測するためのカウンタをリセットして(カウンタ値Tdown=Tdown0)、図22のステップJ21に進み、後述の如く燃料の多段噴射を実行する。つまり、エンジン1の運転状態が定常運転状態から加速運転状態に移行したときには、燃料の多段噴射を開始させる。尚、前記カウンタの初期値Tdown0は予め設定されているものである。

【0099】これに対し、前記ステップJ6で、エンジン1が定常運転状態であるか又は継続して加速運転状態になっていると判定されて進んだステップJ9では、多段噴射実行フラグFlagspの値が1であるか否かを判別し、Flagsp=0でNOならば、多段噴射を行う期間でないと判定して図23のステップJ31に進む一方、Flagsp=1でYESであればステップJ10に進んで、前記カウンタをカウントダウンして、ステップJ11に進む。このステップJ11では、カウンタ値Tdownが零になったか否かを判別し、カウンタ値Tdownが零でないNOと判別されれば、多段噴射を行う期間であると判定し

て図22のステップJ21に進む一方、カウンタ値Tdown=0でYESであれば、多段噴射を行う期間は終了したと判定して、ステップJ12に進み、多段噴射実行フラグFlagspをクリアして(Flagsp=0)、図23のステップJ31に進む。

【0100】つまり、エンジン1の運転状態が定常運転状態から加速運転状態に移行して、燃料の噴射形態を一括噴射から多段噴射に切換えた後、カウンタにより計測される設定時間が経過するまでは継続して多段噴射を行わせる一方、その設定時間が経過すれば、エンジン1が加速運転状態であっても一括噴射に切り換えるようにしている。

【0101】そして、図22のステップJ21では、コモンレール圧力CRP及び燃料噴射量Fに基づいて、これらの値に対応する燃料噴射パルス幅Wallをメモリ上のマップから読み込む。この噴射パルス幅Wallは、各気筒2の圧縮行程で燃料を早期噴射及び後期噴射の2回に分けて多段噴射する場合に、その2回分の噴射パルス幅を足し合わせたものに相当する。また、前記マップは、コモンレール圧力CRP及び燃料噴射量Fの変化に対応する噴射パルス幅Wallの最適な値を実験的に求めて記録したものであり、噴射パルス幅Wallは燃料噴射量Fが大きいほど長く、またコモンレール圧力CRPが高いほど短くなるように設定されている。

【0102】続いて、ステップJ22では、前記ステップJ21で求めた噴射パルス幅Wallに基づいて、メモリに電子的に格納されたマップから後期噴射のパルス幅W2を読み込んで決定する。このマップは、総噴射パルス幅Wallに対応する最適なW2の値を実験的に求めて記録したものであり、図24に例示するように、W2はWallが相対的に小さい範囲ではそのWallと等しくなる一方、Wallが相対的に大きな範囲では、W2の割合は徐々に小さくなって最終的にWallの約半分になるように設定されている。つまり、燃料噴射量の多いエンジン1の加速運転状態では、後期噴射量は総噴射量の2/3~1/2になり、その結果、早期噴射量は総噴射量の1/3~1/2になる。

【0103】続いて、ステップJ23では、エンジン水温やコモンレール圧力CRP等に基づいて、メモリに電子的に格納された噴射タイミングマップから後期噴射タイミングTW2を読み込む。この噴射タイミングマップは、例えば図25(a)(b)に示す2つのマップ53a、53bからなり、まず、同図(a)に示す基本マップ53aには、エンジン水温及びエンジン回転数Neに対応する基本的な後期噴射タイミングが実験的に求められて記録されている。この基本マップ53aによれば、基本的な後期噴射タイミングはエンジン水温が低いほど、またエンジン回転数Neが高いほど早められるように設定されている。これは、エンジン水温やエンジン回転数Neが異なれば燃料噴霧の着火遅れ時間が異なるからである。

【0104】また、同図(b)に示す遅角量マップ53bには、コモンレール圧力CRPに対応する後期噴射タイミングの最適な遅角量が実験的に求められて記録されており、後期噴射タイミングの遅角量は、コモンレール圧力CRPが極く低い間は零とされる一方、コモンレール圧力CRPが高くなれば高いほど大きくなるように設定されている。

【0105】すなわち、後期噴射タイミングTW2は、基本マップ53aに設定された基本的な噴射タイミングよりも遅くなるように遅角設定され、そのことによって気筒の膨張行程での燃焼割合が高められて、ターボ過給機25のタービン21に与えられる排気エネルギーが増大するようになる。また、その遅角量はコモンレール圧力CRPによって変化し、具体的には、コモンレール圧力CRPが低いほど、燃料噴霧の形状等の燃料噴射状態が悪化するので、そのことによる着火遅れ時間の増大に対応するために噴射タイミングを早めるようにしている。一方、コモンレール圧力CRPが高いほど、燃料液滴の微粒化が進み着火遅れ時間が短くなるので、噴射タイミングを遅らせることができる。

【0106】続いて、ステップJ24において、後期噴射の噴射パルス幅W2及び噴射タイミングTW2を設定する。尚、この噴射タイミングTW2は燃料噴射を終了するタイミングであり、噴射を開始するタイミングは前記噴射タイミングTW2を基礎として、噴射パルス幅W2が長いほど早められる一方、噴射パルス幅W2が短いほど遅くされるようになっている。

【0107】続いて、ステップJ25では、噴射パルス幅Wallから後期噴射のパルス幅W2を減算して、早期噴射の噴射パルス幅W1を算出し、続くステップJ26では、エンジン水温及びコモンレール圧力CRPに基づいて、例えば図26に例示するような噴射タイミングマップ54から早期噴射タイミングTW1を読み込む。この噴射タイミングマップ54には、エンジン水温及びコモンレール圧力CRPに対応する最適な早期噴射タイミングが実験的に求められて記録されている。このマップ54によれば、早期噴射タイミングはエンジン水温が高いほど、またコモンレール圧力CRPが低いほど早められるようになっている。

【0108】前記早期噴射の噴射タイミングマップ54によれば、早期噴射の噴射タイミングTW1即ち燃料噴射を終了するタイミングは、図27に例示するように気筒の圧縮行程におけるBTDC90°~30°CAの領域内に設定されている。すなわち、早期噴射は燃焼室4の筒内圧力があまり高くないときに行われるので、エンジン水温が低いと、噴射した燃料の燃焼室4の壁面への付着が問題になる。そこで、エンジン水温が低いほど噴射タイミングを遅くさせて、燃料の壁面付着する量を減らすようにしている。また、コモンレール圧力CRPが低いほど、燃料噴霧の形状等の燃料噴射状態が悪化するの

で、噴射タイミングを早めてスモークの生成を抑える一方、コモンレール圧力CRPが高いほど、燃料噴霧の貫徹力が強くなって燃料が燃焼室4の壁面に付着しやすいので、この壁面付着を軽減するために噴射タイミングを遅くするようにしている。

【0109】そして、ステップJ27において、早期噴射の噴射パルス幅W1及び噴射タイミングTW1を設定して、しかる後にリターンする。

【0110】一方、図23のステップJ31では、コモンレール圧力CRP及び燃料噴射量Fに基づいて、前記ステップJ21で用いたものと同様のマップから主噴射パルス幅Wmを読み込む。この主噴射パルス幅Wmは、各気筒2の圧縮上死点近傍で燃料を一括して噴射する主噴射のためのものである。続いて、ステップJ32において、エンジン水温及びエンジン回転数Neに基づいて、ステップJ23で用いた噴射タイミングの基本マップ53a(図25(a)参照)から主噴射タイミングTmを読み込み、続くステップJ33では、主噴射パルス幅Wm及び主噴射タイミングTmを設定して、ステップJ34に進む。尚、この主噴射タイミングTmも燃料噴射を終了するタイミングである。

【0111】続いて、ステップJ34、J35では、今度はパイロット噴射の実行判定を行う。すなわち、ステップJ34では、エンジン回転数Ne及び燃料噴射量Fに対応してエンジン1の運転領域を設定した領域判定マップを参照し、続くステップJ35で、エンジン回転数Ne及び燃料噴射量Fに基づいて、エンジン1の運転状態が例えばアイドル運転時に対応する低回転低負荷運転領域にあるかどうかを判定する。この判定がNOのときには、パイロット噴射は行わずにリターンする一方、判定がYESのときにはステップJ36に進み、ステップJ21、J31と同様にしてマップからパイロット噴射パルス幅Wpを読み込む。このマップによれば、パイロット噴射パルス幅Wpは主噴射パルス幅Wmの約10%程度で、コモンレール圧力CRPが高いほど短くなるように設定されている。

【0112】続いて、ステップJ37では、前記パイロット噴射パルス幅Wpと主噴射の噴射タイミングTmとに基づいて、パイロット噴射の終了時期Tpを演算する。すなわち、パイロット噴射の終了後に所定間隔を空けて主噴射が開始されるようなパイロット噴射タイミングTpを求める。そして、ステップJ38では、パイロット噴射の噴射パルス幅Wp及び噴射タイミングTpを設定して、しかる後にリターンする。

【0113】つまり、エンジン1が定常運転状態になっていて、かつ低負荷低回転運転領域にあるときには、パイロット噴射により前記主噴射の予混合燃焼における燃焼圧力及び燃焼温度の急激な立ち上がりを緩和するようにしており、このことで、エンジン1の運転騒音を低減させることができる。

【0114】前記図21に示すフローのステップJ6により、エンジン1の運転状態が定常運転状態から加速運転状態へ移行したことを判定する加速判定手段35aが構成されている。また、前記図22に示すフローのステップJ21~J27の各ステップにより、エンジン1の運転状態が定常運転状態から加速運転状態に移行したことが、前記加速判定手段35aにより判定されたときに、インジェクタ5による燃料噴射を、気筒2の圧縮行程中期での早期噴射と圧縮上死点近傍で前記加速判定直前の定常運転状態における主噴射よりも遅く終了する後期噴射とに2段階に分けて実行させる噴射時期制御手段35bが構成されている。

【0115】次に、この実施形態1に係る制御装置Aの作用効果を、図28及び図29に基づいて説明する。

【0116】この実施形態では、車両の運転者がアクセルを踏み込んで、エンジン1の運転状態が定常運転状態から加速運転状態に移行したときに、前記アクセル操作に応じて、エンジン1への要求出力の増大に対応するように燃料噴射量が増量されるとともに、まず、各気筒2の圧縮行程中期で1回の燃焼サイクルにおける総噴射量のうちの略1/3以上の燃料が早期噴射される。この早期噴射された燃料は、気筒内の空気の流動によって空気と混合されかつ十分に気化霧化して、ピストン3の上昇に伴う気筒内圧の上昇と共に周囲の酸素と徐々に反応するようになる。そして、圧縮行程終期に燃焼室全体の温度がいわゆる自己着火温度に達すると、弱い燃焼状態から爆発的な燃焼状態へと移行する。

【0117】一方、前記の弱い燃焼によって燃焼室4の温度及び圧力が上昇するため、圧縮上死点近傍で後期噴射がなされると、その燃料噴霧は高温高压になっている燃焼室で速やかに気化霧化され、極く僅かな着火遅れ期間を経て急速にかつ良好に燃焼される。

【0118】このような多段噴射による燃焼によれば、まず、早期噴射された燃料噴霧が相対的に大きく広がって空気と混合され、かつ十分に気化霧化して良好に燃焼するので、燃焼室4の空気利用率が極めて高くなる。しかも、その燃料噴霧は周囲の酸素と徐々に反応しながら爆発的な燃焼状態へと移行してゆくの、自己着火後の予混合燃焼が過度に激しくなることがない。すなわち、多段噴射を行ったときには、例えば図28に実線で示すように各気筒2の筒内圧力Pは圧縮上死点(TDC)の手前で一括噴射の場合(同図に破線で示す)よりも高くなり、その後、爆発的な燃焼に移行して立ち上がるが、そのピークは一括噴射の場合に比べてかなり低く、しかもその燃焼圧力の立ち上がりも一括噴射の場合に比べて緩やかになる。よって、NOxの生成が大幅に低減される。

【0119】また、後期噴射の時期は定常運転状態での主噴射よりもかなり遅くされ、気筒の圧縮上死点以降に噴射された燃料が膨張行程で燃焼するようになる。ここ

で、前記早期噴射により気筒の1回の燃焼サイクルにおける総燃料噴射量のうちの約1/3が既に噴射されているので、総燃料噴射量がかかなり多くても後期噴射される燃料はあまり多くはならない。しかも、その後期噴射された燃料噴霧は、早期噴射の弱い燃焼によって既に高温高压になっている燃焼室4に噴射されて速やかに気化霧化され、気筒の膨張行程であっても良好に燃焼される。従って、スモークの生成量はあまり多くはならない。

【0120】さらに、後期噴射された燃料が気筒の膨張行程で良好に燃焼される結果、ターボ過給機25のタービン21に供給される排気エネルギーは極めて高くなり、ターボ過給機25の回転が速やかに上昇して過給圧が高まる。つまり、エンジン1が加速運転状態に移行した直後から吸入空気量を迅速に増大させて、エンジン出力を高めることができる。また、そのようにして過給圧が高まれば、吸入空気量が迅速に増大する上、燃焼室4の吸気流動が強くなるので、空気と燃料噴霧との混合状態は極めて良くなり、そのことによってもスモークの生成が抑制される。

【0121】図29は、燃料の多段噴射を実行したときの燃焼室4の熱発生率（図に実線で示す）を、一括噴射のとき（図に破線で示す）と比較して示したものであり、多段噴射をしたときには、同図に斜線を入れて示す領域（イ）の面積に相当する熱エネルギーが余計にターボ過給機25に与えられるようになる。また、同図に示す領域（ロ）の面積に相当する熱エネルギーは早期噴射された燃料の燃焼によるものであり、この発生熱により、後期噴射された燃料を気筒の膨張行程であっても良好に燃焼させることができるのである。

【0122】尚、図30には、燃料の多段噴射によるNOxやスモークの低減効果を示す実験結果の一例を示し、この実験は直列4気筒直噴式ディーゼルエンジンを用いて、低回転かつ中負荷の一定の運転条件の下でEGR率を所定範囲内で変化させながら、燃料を多段噴射する場合と一括噴射する場合のそれぞれについて排気中のNOx濃度とスモーク濃度をと計測したものである。但し、多段噴射における後期噴射の終了時期は一括の主噴射の終了時期と同じにしている。

【0123】同図によれば、燃料を多段噴射することで、一括噴射のときよりもNOx濃度が大幅に低減しており、特に、EGR率が同図に示す点Xに対応する値よりも低ければ、スモークも低減することが見て取れる。このことから、エンジン1が加速運転状態に移行して、燃焼室4への排気の還流量が減少した状態では、燃料の多段噴射によってNOx及びスモークを両方共に減らすことができることが分かる。

【0124】したがって、この実施形態に係るターボ過給機付ディーゼルエンジンの制御装置Aによれば、エンジン1の運転状態が定常運転状態から加速運転状態へ移行したとき、エンジン1への要求出力の増大に対応する

ように燃料噴射量が増量されるとともに、各気筒毎にインジェクタ5から燃料が早期と後期の2段階に分けて噴射され、かつ該後期噴射の時期が遅角されることで、排気中のスモーク増大を抑えながら、排気エネルギーを極めて大きくすることができ、そのことによりターボラグを解消することができる。

【0125】特にこの実施形態では、ターボ過給機25のタービン21よりも排気上流側の排気通路20から排気の一部を取り出して、EGR通路23により急気通路10に還流させるようにしているので、排気エネルギーの一部がタービン21に供給されずに前記EGR通路23から逃げて、ターボラグの増大を招く虞れがある。また、エアフローセンサ11からの出力信号に基づいてEGR弁24の開度を制御して、燃焼室4の空燃比が目標値になるように前記排気の還流量を調節するようにしているので、例えば車両の発進時のようにエンジンが低回転域での定常運転から加速運転に移行すると、EGR弁24の開作動の遅れに起因して排気還流量が過剰になってしまい、吸入空気量不足に起因するターボラグの悪影響が大きくなりやすい。従って、このような構成において、燃料の多段噴射と後期噴射の遅角とにより、スモーク増大を抑制しつつターボラグを軽減できるという作用効果は極めて有効なものになる。

【0126】（実施形態2）図31は、本発明の実施形態2における早期噴射時期の設定の具体的な処理手順を示す。この実施形態2に係るターボ過給機付ディーゼルエンジンの制御装置Aの構成は実施形態1のものと同様なので、実施形態1と同じ構成要素については同一符号を付して、その説明は省略する。

【0127】そして、この実施形態2の制御装置Aにおいては、前記実施形態1のものと同様、エンジン1が定常運転状態から加速運転状態に移行したときに、燃料の多段噴射が行われかつ後期噴射が遅角されるようになっており、これに加えて、早期噴射をさらに2回に分けて行わせるようにしている。

【0128】具体的に、この実施形態における燃料噴射時期の制御では、エンジン1が定常運転状態から加速運転状態に移行して、燃料の多段噴射を行う期間であることが判定され（図21参照）、後期噴射の噴射パルス幅W2と噴射タイミングTW2とが設定されて（図22のステップJ21～J24）、次のステップJ25で早期噴射パルス幅W1が算出された後、図31に示すステップJ41に進む。このステップJ41では、早期噴射パルス幅W1の大きさが予め設定した所定量以上であるか否かを判別する。そして、所定量以上でないNOであればステップJ48に進む一方、所定量以上でYESであれば、ステップJ42及びステップJ43に進んで、早期噴射パルス幅W1をさらに第1及び第2の2つのパルス幅W11、W12に分割する。

【0129】すなわち、まず、ステップJ42では、早

期噴射パルス幅W1に所定の分割係数 ε ($\varepsilon = 0.1 \sim 0.5$) を乗算して、第1噴射パルス幅W11を算出し、続くステップJ43では、早期噴射パルス幅W1から第1噴射パルス幅W11を減算して、第2噴射パルス幅W12を算出する。そして、続くステップJ44では、エンジン水温及びコモンレール圧力CRPに基づいて、前記実施形態1におけるものと同様の噴射タイミングマップ54 (図26参照) から第1噴射タイミングTW11を読み込み、続くステップJ45で、第1噴射の噴射パルス幅W11及び噴射タイミングTW11を設定する。

【0130】続いて、ステップJ46では、前記第1噴射タイミングTW11、第2噴射パルス幅W12、及び予め設定されている最小パルス間隔W0 (例えば、100~1000マイクロ秒) に基づいて、第2噴射タイミングTW12を演算する。すなわち、第1噴射の終了タイミングTW11から最小パルス間隔W0及び第2噴射パルス幅W12の分だけ遅らせた時期を第2噴射の終了タイミングTW12とする。そして、ステップJ47に進んで、第2噴射の噴射パルス幅W12及び噴射タイミングTW12を設定し、しかる後にリターンする。つまり、早期噴射の噴射量が多くなって早期噴射パルス幅W1が所定量以上に大きくなれば、早期噴射を第1及び第2噴射の2回に分けるようにしている。

【0131】一方、前記ステップJ41で、早期噴射パルス幅W1の大きさが予め設定した所定量よりも小さいと判定された場合には、早期噴射の分割は行わない。すなわち、ステップJ48及びJ49において、前記実施形態1の場合と同様に (図22のステップJ26、J27参照) エンジン水温及びコモンレール圧力CRPに基づいて噴射タイミングマップ54から早期噴射タイミングTW1を読み込み、その読み込んだ早期噴射タイミングTW1と早期噴射パルス幅W1を設定して、しかる後にリターンする。

【0132】したがって、この実施形態2によれば、前記実施形態1と同じく、エンジン1の運転状態が定常運転状態から加速運転状態へ移行したときに、燃料の多段噴射と後期噴射の遅角とが行われて、排気中の NO_x を低減しかつスモーク増大を抑制しながら、排気エネルギーを高めてターボラグを解消することができる。

【0133】さらに、早期噴射の噴射量が多い場合には、その早期噴射を2回に分けて行わせ、その早期噴射した燃料の空気との混合状態をさらに改善することができる。このことで、 NO_x 及びスモークのより一層の低減が図られる。

【0134】(他の実施形態) 尚、本発明は前記各実施形態に限定されるものではなく、その他の種々の実施形態を包含するものである。すなわち、前記実施形態1における燃料の多段噴射では、早期噴射及び後期噴射を各1回づつ行わせるようにしており、また、実施形態2では、早期噴射をさらに2回に分けていて、圧縮行程で合

計3段階の多段噴射を行わせるようにしているが、これに限らず、早期噴射を3回以上としてもよい。その場合、各早期噴射をいずれも圧縮行程でかつ $\text{BTD C } 30^\circ \text{CA}$ で実行し、かつそれらの早期噴射による合計の噴射量を気筒の1燃焼サイクルにおける燃料噴射量の1/3以上とすることが好ましい。

【0135】また、前記各実施形態では、エンジン1の各気筒毎への排気還流量を調節することで、該各気筒2の燃焼室4における空燃比を均一にかつ目標値になるように制御しているが、これに限らず、4つの気筒2の全部について排気還流量をまとめて制御するようにしてもよい。また、本発明は排気還流制御が行われていないエンジンにも適用でき、その場合にも排気中の有害成分を低減することは可能である。

【0136】さらに、前記各実施形態では、本発明をコモンレール式燃料噴射系が装備されてい直噴式ディーゼルエンジン1に適用しているが、これに限らず、コモンレール式燃料噴射系の代わりに各気筒毎にユニットインジェクタが設けられているディーゼルエンジンにも適用可能である。

【0137】

【発明の効果】以上説明したように、請求項1記載の発明におけるターボ過給機付ディーゼルエンジンの制御装置によると、エンジンの運転状態が加速運転状態へ移行したとき、燃料噴射弁により燃料を、気筒の圧縮行程で噴射を終了する最初の燃料噴射と圧縮上死点近傍で行う最後の燃料噴射とを含む多段階に分けて噴射させ、かつそのうちの最後の燃料噴射を、加速運転状態へ移行する直前の圧縮上死点近傍での燃料噴射よりも遅く行わせることで、該最後の燃料噴射による燃料噴霧の一部を気筒の膨張行程で燃焼させて、排気エネルギーを高めることにより、ターボ過給機の過給圧を迅速に高めることができる。また、前記最後の燃料噴射は、既に燃焼が始まって高温高压になっている燃焼室に噴射されて速やかに気化霧化されるので、気筒の膨張行程であっても良好な燃焼状態となり、スモークの生成量はあまり多くはならない。よって、排気中のスモーク増大を抑えながら排気エネルギーを高めて、ターボラグを大幅に軽減することができる。

【0138】また、請求項2記載の発明によると、各気筒毎に1回の燃焼サイクルにおける燃料噴射量の1/3以上を圧縮上死点前 30°CA 以前の圧縮行程で早期噴射し、かつ残りの燃料を圧縮上死点近傍で後期噴射することで、請求項1記載の発明の効果を十分に得ることができる。

【0139】請求項3記載の発明によると、後期噴射を気筒の膨張行程で終了させることで、後期噴射された燃料噴霧の多くを気筒の膨張行程で燃焼させて、確実に排気エネルギーを高めてターボラグを解消できる。

【0140】請求項4記載の発明によると、後期噴射に

よる燃料噴射量を加速判定直前の総燃料噴射量よりも多
くさせることで、エンジン出力を高めかつ排気エネルギ
ーを十分に大きくさせることができる。

【0141】請求項5記載の発明によると、早期噴射を
さらに2段階に分けることで、燃料と空気との混合状態
を改善して、NO_x及びスモークの生成を抑制できる。

【0142】請求項6記載の発明によると、エンジンの
定常運転時に排気還流を行うようにしたものにおいて、
車両の発進時等に燃料の多段噴射と後期噴射の遅角とを
行って、スモークの増大を抑制しつつターボラグを軽減
できるという効果は特に有効なものになる。

【0143】請求項7記載の発明によると、前記請求項
6記載の発明による効果に加えて、ターボ過給機のター
ビンよりも排気上流側から排気を取り出すようにしたも
のにおいてターボラグを軽減できることがさらに有効な
効果を奏する。

【0144】請求項8記載の発明によると、吸気量セン
サからの信号に基づいてエンジンの吸気系への排気還流
量をフィードバック制御するようにしたものにおいて、
スモーク増大を抑制しつつターボラグを軽減できるとい
う効果が極めて有効なものになる。

【0145】請求項9記載の発明によると、いわゆるコ
モンレール式燃料噴射系によって、噴射時期制御手段に
よる燃料噴射時期の制御が実現できる。

【0146】請求項10記載の発明によると、多段階の
燃料噴射に伴う燃費の悪化を全体として抑制できる。

【0147】請求項11記載の発明によると、パイロッ
ト噴射によってエンジンの運転騒音の低減が図られる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施形態に係るエンジンの全体構成図
である。

【図2】ターボ過給機の一部を、A/R小の状態
(a)、又はA/R大の状態(b)でそれぞれ示す説明
図である。

【図3】EGR弁及びその駆動系の構成図である。

【図4】EGR弁の駆動電流と駆動負圧(a)、又はリ
フト量(b)との関係をそれぞれ示すグラフ図である。

【図5】エンジンの制御系の全体構成図である。

【図6】空燃比とNO_x排出量との関係を示すグラフ図
である。

【図7】空燃比とスモーク値との関係を示すグラフ図で
ある。

【図8】排気還流及び燃料噴射量制御の基本フローを示
す図である。

【図9】エンジンの吸入空気流量の時間変化を示すグラ
フ図である。

【図10】吸入空気量の算出手順を示すフローチャート
図である。

【図11】過渡判定の処理手順を示すフローチャート図
である。

【図12】EGR弁操作量の算出手順を示すフローチャ
ート図である。

【図13】プリセットを与える制御の処理手順を示すフ
ローチャート図である。

【図14】過渡時の燃料噴射量制御の処理手順を示すフ
ローチャート図である。

【図15】定常時の目標空燃比、過渡時の目標空燃比及
び過渡時の限界空燃比の関係を示すグラフ図である。

【図16】排気還流制御の制御ゲインを補正する手順を
示すフローチャート図である。

【図17】吸気絞り量及びエンジン回転数に対するゲイ
ン補正係数を設定したマップの一例を示す図である。

【図18】吸気絞り弁制御の処理手順を示すフローチャ
ート図である。

【図19】燃料噴射量及びエンジン回転数に対する吸気
絞り量を設定したマップの一例を示す図である。

【図20】燃料の多段噴射及び一括噴射の時期をそれぞ
れ示すタイムチャート図である。

【図21】コントロールユニットで行われる燃料噴射時
期制御の処理手順の前半部を示すフローチャート図であ
る。

【図22】燃料噴射時期制御の後半部で多段噴射の場合
の処理手順を示すフローチャート図である。

【図23】燃料噴射時期制御の後半部で一括噴射の場合
の処理手順を示すフローチャート図である。

【図24】燃料の総噴射パルス幅に対する後期噴射パル
ス幅を設定したマップの一例を示す図である。

【図25】エンジン水温及びエンジン回転数に対する基
本的な噴射タイミングを設定した基本マップの一例を示
す図(a)、及び、コモンレール圧力に対する噴射タイ
ミングの遅角量を設定した遅角量マップの一例を示す図
(b)である。

【図26】エンジン水温及びコモンレール圧力に対する
噴射タイミングを設定した噴射タイミングマップの一例
を示す図である。

【図27】早期噴射の終了タイミングが含まれる領域を
示した説明図である。

【図28】燃料を多段噴射しかつ後期噴射を遅角させた
ときの燃焼圧波形を一括噴射したときのものと比較して
示す説明図である。

【図29】燃焼室における熱発生率のクランク角に対す
る変化を、燃料を多段噴射しかつ後期噴射を遅角させた
ときと一括噴射したときとを対比させて示す説明図であ
る。

【図30】燃料を多段噴射したときと一括噴射したとき
のそれぞれについて、EGR率を所定範囲で変化させた
ときの排気中のNO_x濃度とスモーク濃度とを互いに関
連づけて示すグラフ図である。

【図31】実施形態2において、早期噴射をさらに2回
に分ける場合の噴射時期の設定手順を示すフローチャー

ト図である。

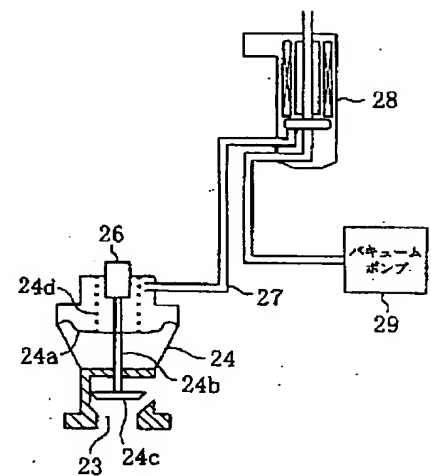
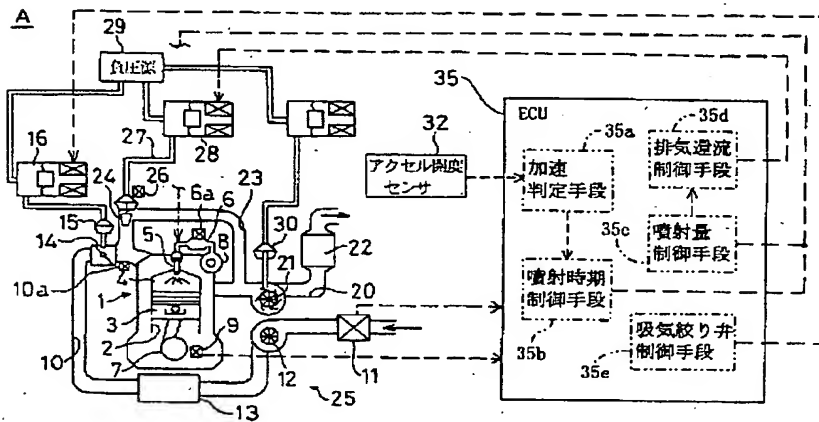
【符号の説明】

- A ターボ過給機付ディーゼルエンジンの制御装置
 1 ディーゼルエンジン
 2 気筒
 4 燃焼室
 5 インジェクタ（燃料噴射弁）
 6 蓄圧室
 10 吸気通路（吸気系）
 11 エアフローセンサ（吸気量センサ）

- 20 排気通路
 21 タービン
 23 EGR通路（排気還流通路）
 24 EGR弁（排気還流量調節弁）
 25 ターボ過給機
 35a 加速判定手段
 35b 噴射時期制御手段
 35c 噴射量制御手段
 35d 排気還流制御手段

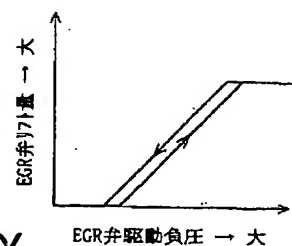
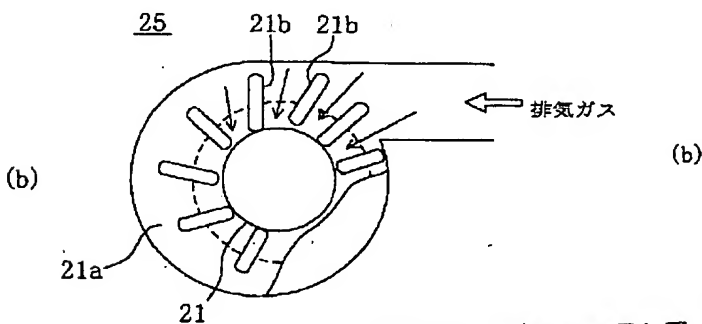
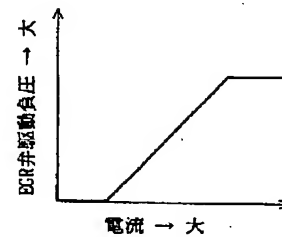
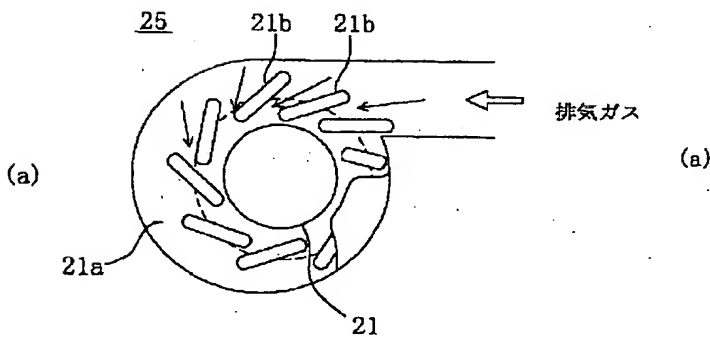
【図 1】

【図 3】



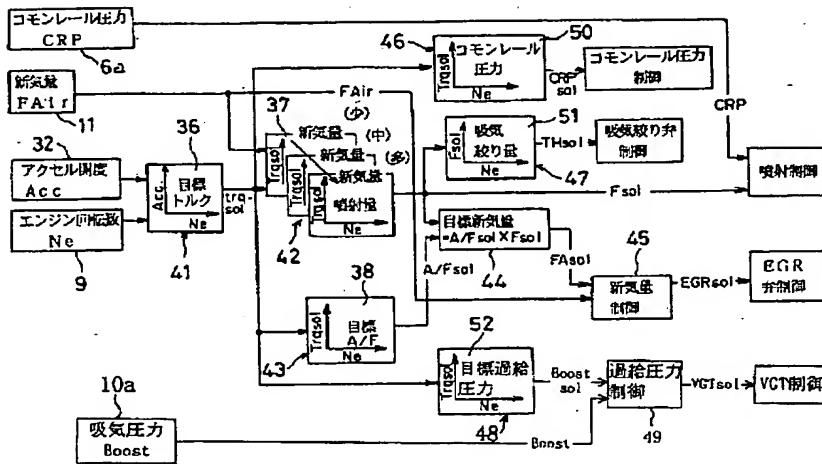
【図 2】

【図 4】

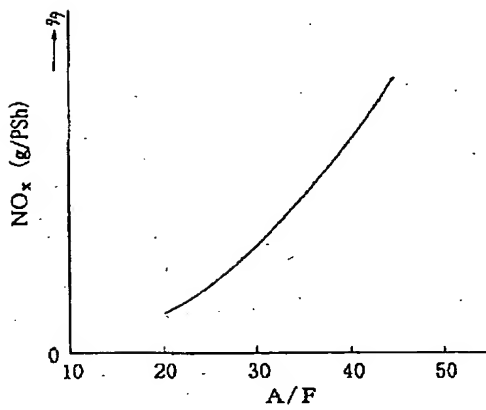


BEST AVAILABLE COPY

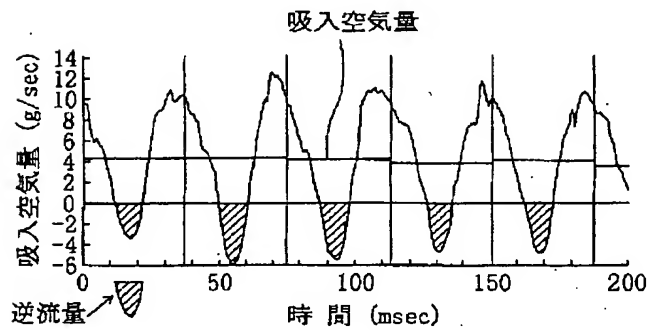
【図5】



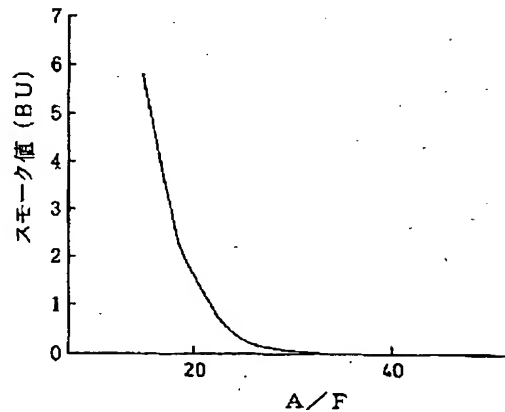
【図6】



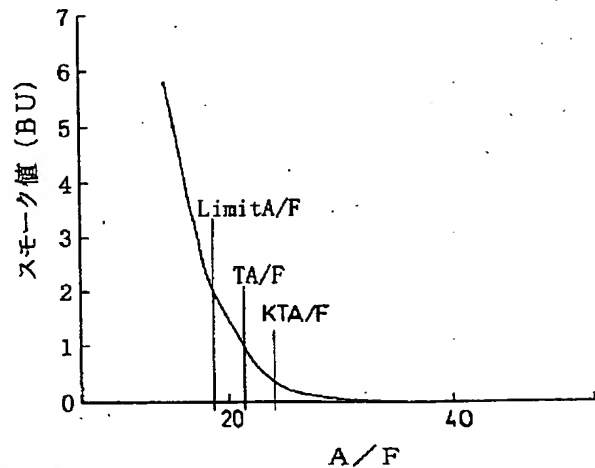
【図9】



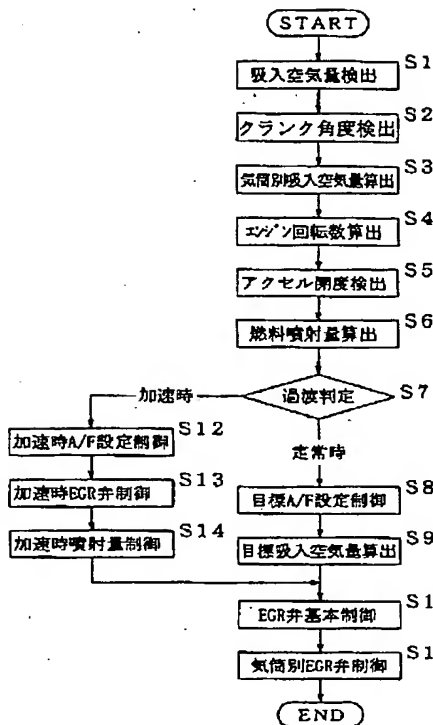
【図7】



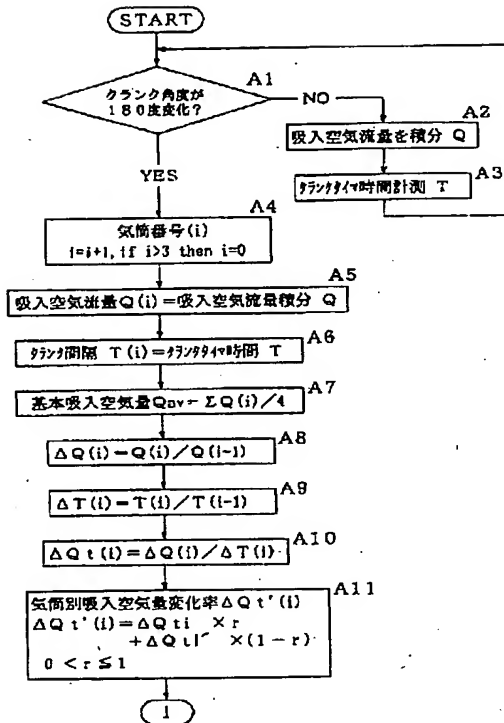
【図15】



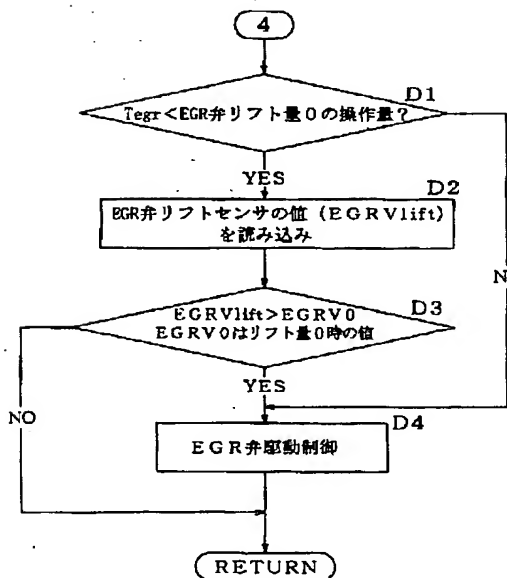
【図8】



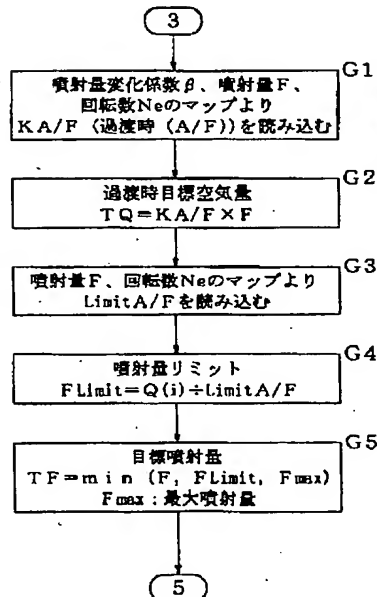
【図10】



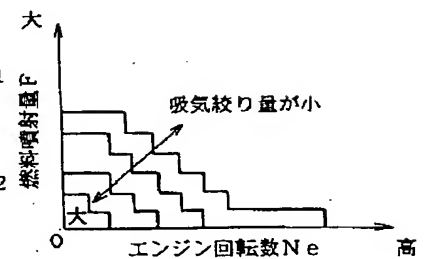
【図13】



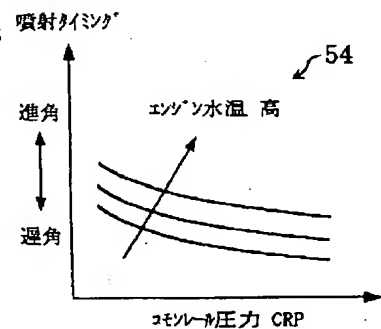
【図14】



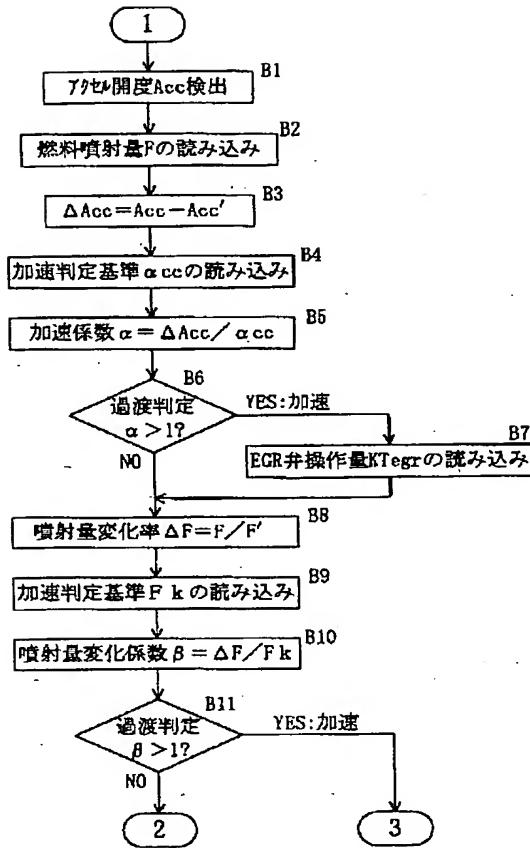
【図19】



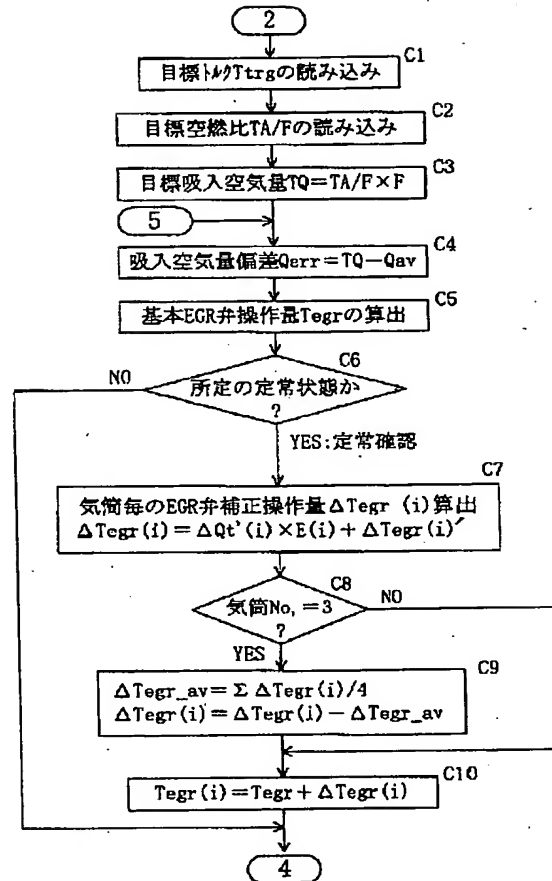
【図26】



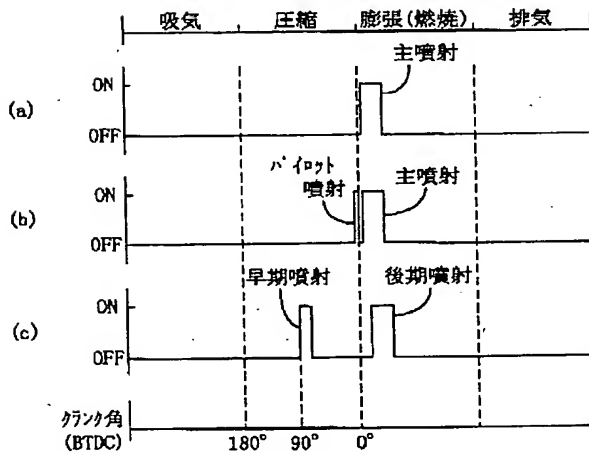
【図11】



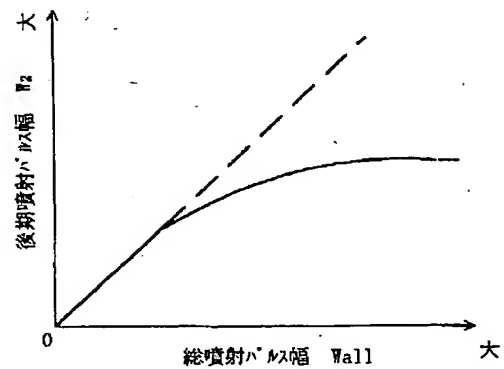
【図12】



【図20】

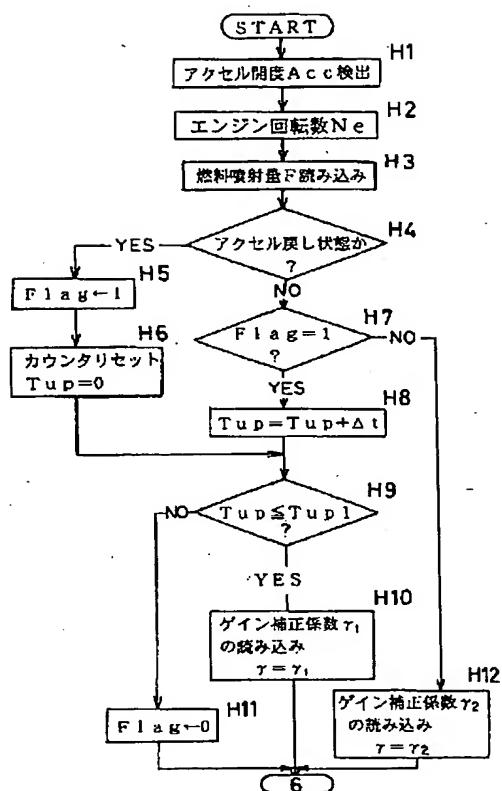


【図24】

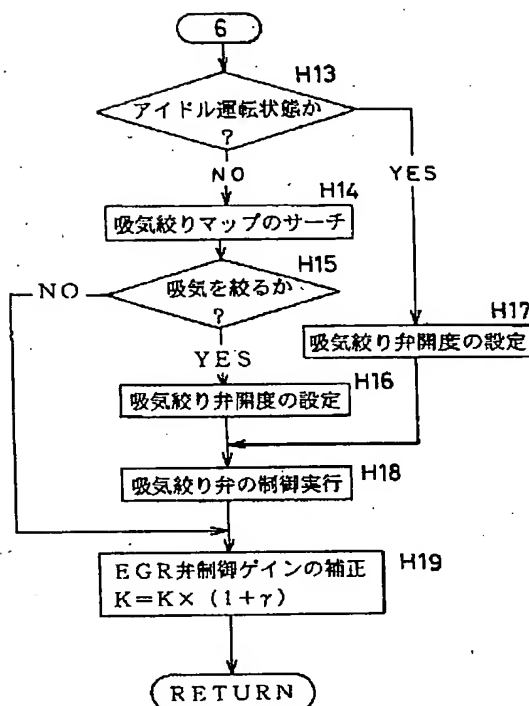


BEST AVAILABLE COPY

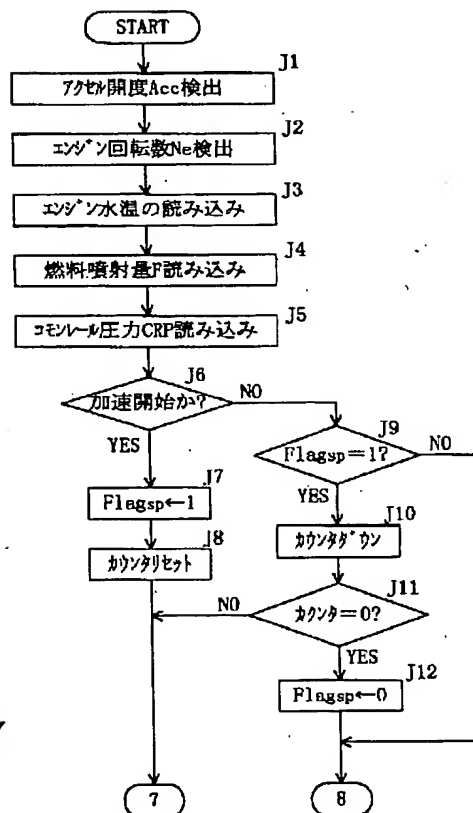
【図16】



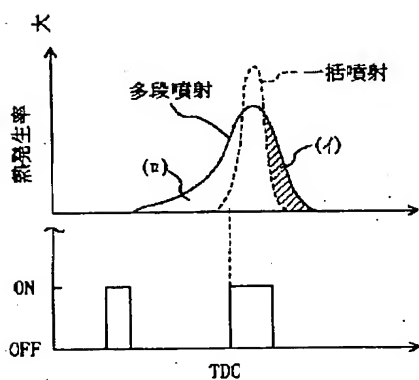
【図18】



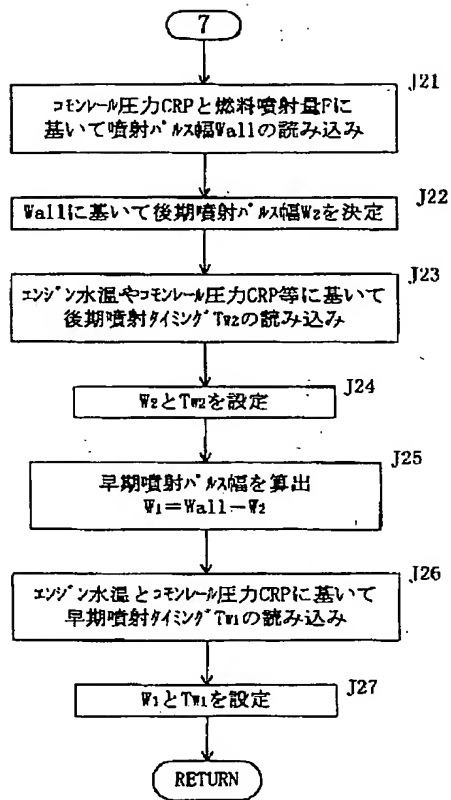
【図21】



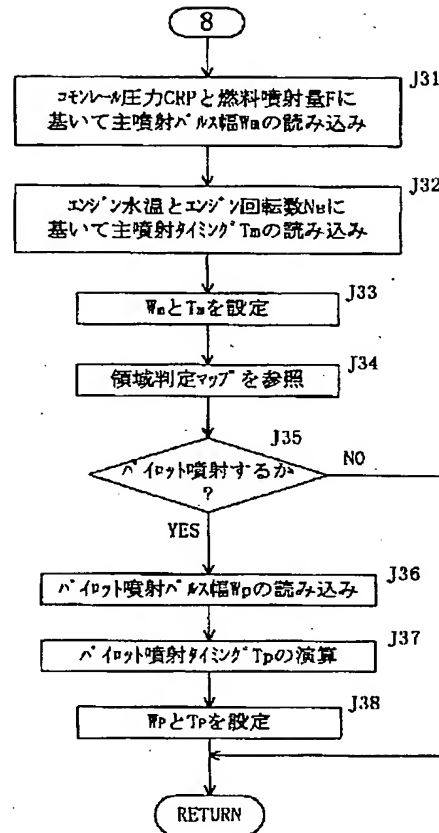
【図29】



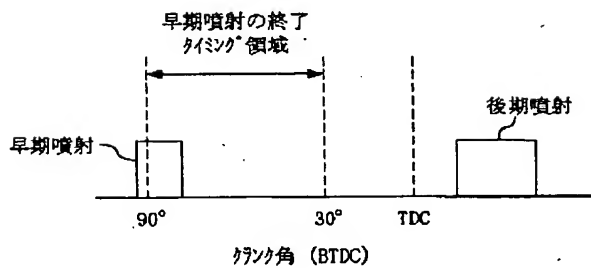
【図22】



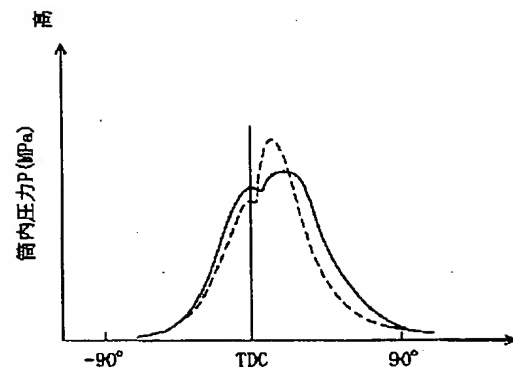
【図23】



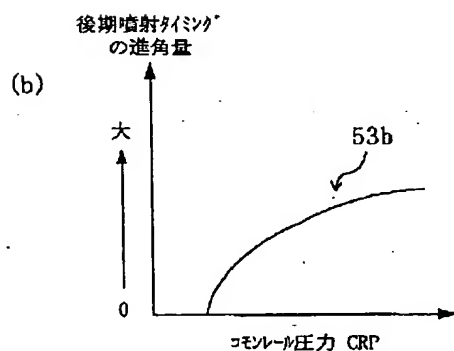
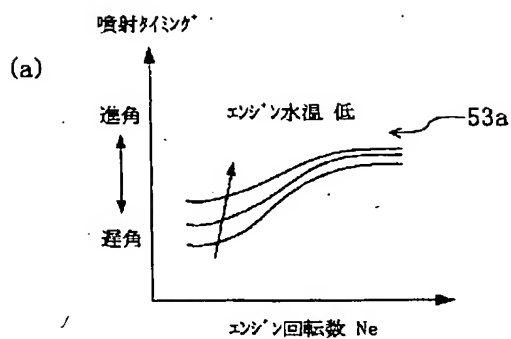
【図27】



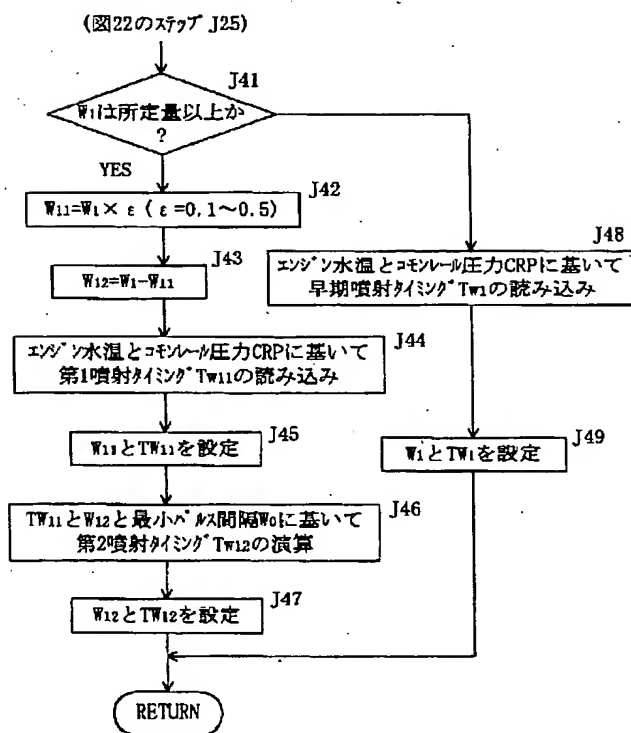
【図28】



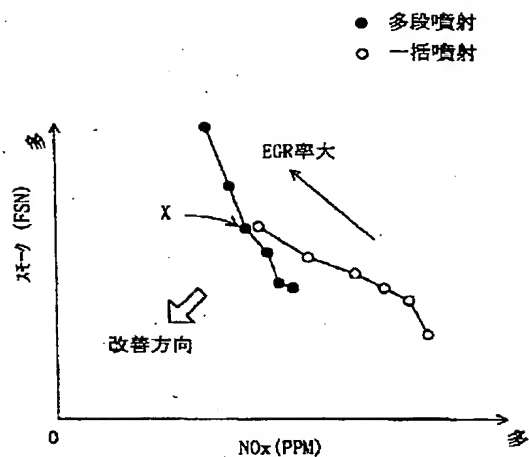
【図25】



【図31】



【図30】



フロントページの続き

(72)発明者 細谷 英生
広島県安芸郡府中町新地 3 番 1 号 マツダ
株式会社内
(72)発明者 荒木 啓二
広島県安芸郡府中町新地 3 番 1 号 マツダ
株式会社内

F ターム(参考) 3G301 HA02 HA06 HA11 HA13 JA14
JA25 JA26 KA08 KA12 KA24
KA25 LA00 LB06 MA01 MA11
MA19 MA20 MA23 MA26 NA01
NA03 NA04 NA08 NB11 NC02
ND01 ND05 NE01 NE12 NE13
NE15 NE17 NE22 PA04Z
PA07Z PB08A PB08Z PB10Z
PD15A PD15Z PE01Z PE03Z
PE05Z PE06Z PE08Z PF03Z
PF04Z